

SIBAT

Vorsorgende Sicherstellung der Innenraumluftqualität von
Gebäuden – Anwendung von Toxizitätskriterien in der
Materialbewertung

I. Oehme, M. Klade et al.

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

28/2005

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Bestellmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at/>
oder unter:

Projektfabrik Waldhör
Nedergasse 23, 1190 Wien
Email: versand@projektfabrik.at

SIBAT

Vorsorgende Sicherstellung der Innenraumluftqualität von Gebäuden – Anwendung von Toxizitätskriterien in der Materialbewertung

Ines Oehme, Manfred Klade

Interuniversitäres Forschungszentrum für Technik, Arbeit und Kultur (IFZ)

Philipp Boogman, Hildegund Mötzl

Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie (IBO)

Peter Tappler

Innenraum Mess- und Beratungsservice

Erika Ganglberger, Susanne Geissler, Gabriele Mraz

Österreichisches Ökologie-Institut für angewandte Umweltforschung

Graz, Wien April 2005

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines beauftragten Projekts aus der dritten Ausschreibung der Programmlinie *Haus der Zukunft* im Rahmen des Impulsprogramms *Nachhaltig Wirtschaften*, welches 1999 als mehrjähriges Forschungs- und Technologieprogramm vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie gestartet wurde.

Die Programmlinie *Haus der Zukunft* intendiert, konkrete Wege für innovatives Bauen zu entwickeln und einzuleiten. Aufbauend auf der solaren Niedrigenergiebauweise und dem Passivhaus-Konzept soll eine bessere Energieeffizienz, ein verstärkter Einsatz erneuerbarer Energieträger, nachwachsender und ökologischer Rohstoffe, sowie eine stärkere Berücksichtigung von Nutzungsaspekten und Nutzerakzeptanz bei vergleichbaren Kosten zu konventionellen Bauweisen erreicht werden. Damit werden für die Planung und Realisierung von Wohn- und Bürogebäuden richtungsweisende Schritte hinsichtlich ökoeffizientem Bauen und einer nachhaltigen Wirtschaftsweise in Österreich demonstriert.

Die Qualität der erarbeiteten Ergebnisse liegt dank des überdurchschnittlichen Engagements und der übergreifenden Kooperationen der Auftragnehmer, des aktiven Einsatzes des begleitenden Schirmmanagements durch die Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik und der guten Kooperation mit dem Forschungsförderungsfonds der gewerblichen Wirtschaft bei der Projektabwicklung über unseren Erwartungen und führt bereits jetzt zu konkreten Umsetzungsstrategien von modellhaften Pilotprojekten.

Das Impulsprogramm *Nachhaltig Wirtschaften* verfolgt nicht nur den Anspruch, besonders innovative und richtungsweisende Projekte zu initiieren und zu finanzieren, sondern auch die Ergebnisse offensiv zu verbreiten. Daher werden sie auch in der Schriftenreihe "Nachhaltig Wirtschaften konkret" publiziert, aber auch elektronisch über das Internet unter der Webadresse <http://www.HAUSderzukunft.at/> Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

DI Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Kurzfassung

Teil A

Motivation

Eine belastungsfreie Innenraumluftqualität ist eine wesentliche Voraussetzung für die Gewährleistung von Gesundheit und Wohlbefinden sowohl in Wohn- als auch in Arbeitsräumen. In den letzten Jahren wurde immer wieder von gebäudebedingten Befindlichkeitsstörungen, verursacht durch Emissionen aus Bauprodukten und -chemikalien, berichtet.

Inhalt

Für Gebäudebewertungen und Gebäudezertifikate ist es relevant, den BewohnerInnen bzw. NutzerInnen gewährleisten zu können, dass das errichtete Gebäude nach heutigem Wissensstand die Ziele eines vorsorgenden Gesundheitsschutzes erfüllt. Im Zentrum der Betrachtung steht dabei der Zusammenhang zwischen Innenraumluftqualität und den Inhaltsstoffen bzw. Emissionen von Bauprodukten.

Ziele

Im Gebäudezertifizierungstool TQ (Total Quality), welches im Rahmen des Forschungsprogramms "Haus der Zukunft" entwickelt wurde, konnte der Einfluss von Bauprodukten auf die Innenraumluftqualität bisher noch nicht befriedigend erfasst werden. Ziel des Projektes Sibat war es daher, für TQ ein pragmatisches Bewertungsinstrument zu entwickeln, welches das mit Bauprodukten verbundene humantoxische Wirkungspotenzial vorausschauend abschätzt bzw. bewertet.

Methode der Bearbeitung

Es erfolgte eine umfassende Gegenüberstellung methodischer Zugänge zur Bewertung von Humantoxizität im Rahmen von Ökobilanzen (LCA), Arbeitsschutztools, Emissionsmessungen, Produktklassifizierungen und Produktbewertungs- und -kennzeichnungssystemen für Bauprodukte.

Schadstoffe, die für die Nutzungsphase von Gebäuden relevant sind, wurden bezüglich ihrer gesundheitlichen Auswirkungen erhoben, sowie im deutschsprachigen Raum und international anerkannte Grenz-, Richt- und Orientierungswerte erfasst.

Auf dieser Grundlagen wurde ein pragmatischer Bewertungsansatz entwickelt, welcher humantoxische Wirkungen bzw. Gefährdungen von Bauprodukten beschreibt. Das Bewertungssystem wurde exemplarisch für Bodenbeläge und Parkettlacke angewendet.

Daten

Das Bewertungssystem stützt sich auf die im Methodenscreening analysierten Methoden und Systeme sowie auf Vergabekriterien von Prüf- und Umweltzeichen für Bauprodukte.

Für die Anwendung des Bewertungssystems für Parkettlacke wurden im Internet verfügbare Sicherheitsdatenblätter genutzt. Zur Datenerhebung für Bodenbeläge wurden rund 40 Hersteller von Bodenbelägen angeschrieben. Da der Rücklauf mit rund 20% eher gering war, wurden publizierte Emissionsdaten einer Studie über die "Untersuchung und Ermittlung emissionsarmer Klebstoffe und Bodenbeläge" (Wilke et al. 2003) ausgewertet.

Kurzfassung

Teil B

Ergebnisse

Es wurde ein Bewertungsansatz entwickelt, welcher das humantoxische Wirkungspotenzial von Bauprodukten beschreibt. Die Bewertung berücksichtigt nur jene humantoxischen Wirkungen, die in der Nutzungsphase des Gebäudes auftreten können. Aspekte der Errichtungsphase (speziell Arbeitsschutzgesichtspunkte), Umweltaspekte sowie Fragen der Entsorgung werden nicht berücksichtigt.

Die Bewertung wird anhand von fünf Wirkungskategorien CMR (cancerogene, mutagene und reproduktionstoxische Stoffeigenschaften), Reizende Wirkungen, Inhalative Toxizität, Sensibilisierung und Geruch sowie einer Vorsorgekategorie vorgenommen. Die Vorsorgekategorie umfasst Stoffe mit nachgewiesener oder vermuteter Wirkung auf das Hormonsystem und organische Stoffe mit auffälligen Befunden in Hausstaubmessungen.

Innerhalb der Wirkungskategorien wird auf Basis festgelegter Kriterien für Emissionen oder Inhaltsstoffe in 4 Qualitätsklassen A bis D bewertet, wobei das Potenzial einer gesundheitlichen Beeinträchtigung von A nach D zunimmt. Da Prüfkammermessungen Schadstoffbelastungen in der Raumluft direkt abbilden, wurde diesen in der Bewertung Priorität eingeräumt. Auf Grund noch erheblicher Datenlücken, wurde alternativ eine Vorgangsweise auf Basis von Inhaltsstoffen vorgeschlagen.

Die Bewertung erfolgt zunächst auf der Ebene von Bauprodukten. Im Rahmen des Projektes wurde außerdem ein Schema entwickelt, welches eine Aggregation der Bewertung von Baustoffen für ein Gesamtgebäude vornimmt und somit eine Gesamtbewertung für das TQ-Tool (Zertifizierung der Planung) ermöglicht.

Die Vorsorge bei der Auswahl von Baumaterialien, sollte nach Errichtung des Gebäudes dann auch durch die Einhaltung entsprechender Richtwerte bei der Abnahmemessung bestätigt werden. Es wurde daher auch eine Erweiterung der gemessenen Parameter mit entsprechender Bewertung für das TQ-Tool (Zertifizierung der Errichtung)– vorgeschlagen.

Schlussfolgerungen

Prinzipiell stellt die Sibat-Methode ein sinnvolles und anwendbares Bewertungsinstrument für das humantoxische Wirkungspotenzial von Bauprodukten dar, welches sich für die Anwendung im TQ-Tool eignet.

Eine wichtige Voraussetzung für den Praxiseinsatz ist die Verfügbarkeit von Daten zu den Bauprodukten. Da für Prüfkammermessungen noch erhebliche Datenlücken bestehen, ist auch eine Vorgangsweise notwendig, die auf Inhaltsstoffangaben zurückgreift. Die Bewertung der Kategorie "Inhalative Toxizität" auf Basis von Inhaltsstoffen stellt noch einen Entwurf dar, der einer weiteren Diskussion bedarf. Insbesondere ist dabei auch auf eine inhaltliche Verbindung zur derzeit in Erstellung befindlichen IXBau-Datenbank¹ hinzuweisen, die gegebenenfalls eine Weiterentwicklung für diese Wirkungskategorie bringt. Da das Projekt IXBau-Datenbank zum Zeitpunkt des Abschlusses des Sibat-Projektes noch in Arbeit ist, müssen weitere Ergebnisse abgewartet werden.

¹ In der IXBAU-Datenbank werden ökologisch verträgliche Bauprodukte und Bauchemikalien online abrufbar sein. Die Datenbank wird von bauXund in Kooperation mit dem IBO im Auftrag der Stadt Wien und des ÖkobauClusters Niederösterreich erstellt.

Summary

Part A

Motivation

A high quality of indoor air is an essential condition for the protection of health, both in the living and working environment. The last years have seen increasing complaints about harmful effects on well-being caused by emissions from building products and chemicals (e.g. sick building syndrome).

Contents

For building assessments and building certificates, it is relevant to assure owners and users of buildings that the established building fulfills the goals of health protection in accordance with current knowledge. The main focus is the relation between indoor air quality and the constituents and/or emissions of building products.

Goals

The building certification tool TQ (total quality), which has been developed within the research program "buildings of tomorrow", does not yet satisfactorily assess the choice of building materials with respect to their effect on indoor air quality. The goal of the project Sibat has been to develop a pragmatic evaluation instrument for TQ which measures and/or evaluates the potential for human toxicity connected with building products.

Methods

A comprehensive comparison of methods used for the assessment of human toxicity has been performed. Analysed methods cover tools used in life cycle assessments, occupational health and safety, methods of emission measurements, product classifications and product labels for building products. Indoor air pollutants were described in terms of their health effects, and internationally accepted or recommended threshold and standard values have been compiled.

This has been the scientific basis for the development of an evaluation scheme which characterizes the human toxicity potential of building products. The scheme has been tested for some examples of floor coverings and parquet varnishes.

Data

The evaluation scheme is based on the analysed methods and on criteria of quality and eco-labels for building products.

The test of parquet varnishes is based on data of material safety data sheets, which are available at the internet. To get data for floor coverings, 40 producers have been contacted. Since the return rate was rather small (approximately 20%), published emission data of a study over the "investigation and determination of low emission adhesives and floor mats" (Wilke et al. 2003) have been used.

Summary

Part B

Results

An evaluation scheme has been developed which describes the human-toxicity potential of building products. The evaluation considers only those effects which are relevant for the use phase of buildings. Aspects of the construction (especially occupational health and safety) as well as environmental aspects and aspects of the disposal are not considered.

The evaluation is based on five impact categories – CMR (substances classified as carcinogens, mutagens or substances toxic to reproduction), irritating effects, inhalational toxicity, sensitization and odour – as well as a precautionary category. The precautionary category covers substances with proven or assumed effects on the hormone system and organic compounds with significant findings in house dust measurements.

Within the impact categories, the building products are evaluated according to defined criteria of emission data or constituents in 4 quality classes: A, B, C and D, with D representing the highest health impairment. Since test chamber measurements illustrate pollution impact in the room air directly, they have been given priority in the evaluation scheme. Due to existing substantial data gaps, an alternative procedure based on constituents has been developed.

The evaluation is based on building products; however, in a second stage, a scheme for the aggregation for a total building is suggested. This results in a final evaluation according to the 6 categories for the entire building which can be used for the TQ-tool (certification of planning). The precaution in the selection of building materials should be confirmed after establishment of the building also by checking the compliance with indoor air standards.

Therefore an extension of the measured parameters for the TQ-tool (certifying of construction) is also suggested.

Conclusion

In principle, the Sibat method represents a meaningful and applicable evaluation instrument for the human-toxicity potential of building products, which is suitable for application in the building certification tool TQ.

An important precondition for the practical application of the scheme is the availability of data for building products. Since for test chamber measurements, substantial data gaps still exist, a procedure which is based on constituents is also necessary. The evaluation of the category "inhalational toxicity" on the basis of ingredients represents a draft, which requires further discussion. In this context, further input may be provided by the IX-building data base². This data base is currently under development.

² In the IX-building data base, ecologically compatible building products and building chemicals will be presented. The data base is established by "bauXund" in co-operation with the Austrian Institute of Ecological and Healthy Buildings on behalf of the City of Vienna and the "Oekobau-Cluster" of Lower Austria.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Innenraumlufthqualität und Gesundheit.....	1
1.2	Aufgabenstellung	1
1.2.1	Das TQ-Tool	2
1.2.2	Innenraumlufthqualität und Kriterien der Humantoxizität im TQ-Tool.....	5
1.2.3	TQ-Innenraummessungen nach Fertigstellung	6
1.3	Schwerpunkt des Projektes	6
1.4	Einordnung in die Programmlinie "Haus der Zukunft"	7
1.5	Verwendete Methoden und Daten	8
1.6	Aufbau der Arbeit.....	8
2	Grundlagen zu den in Gebäuden auftretenden Noxen und deren gesundheitlichen Auswirkungen	10
2.1	Einleitung	10
2.2	Abiotische Luftverunreinigungen	14
2.2.1	Begriffsdefinition	14
2.2.2	Formaldehyd.....	15
2.2.3	Organische Verbindungen	20
2.2.4	Biozide	32
2.2.5	Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	38
2.2.6	Polychlorierte Biphenyle (PCB)	39
2.2.7	Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/PCDF).....	41
2.2.8	Flammschutzmittel und Weichmacher	43
2.2.9	Geruchsstoffe	45
2.2.10	Faserstoffe.....	50
2.2.11	Partikel.....	52
2.2.12	Radon, Radioaktivität.....	53
2.2.13	Anorganische Luftverunreinigungen	55
2.3	Biogene Luftverunreinigungen (Bioaerosole)	56
2.3.1	Begriffsdefinition	56
2.3.2	Allergene.....	57
2.3.3	Schimmelpilze.....	62
2.3.4	Bakterien.....	69
2.3.5	Anthropogene Luftverunreinigung	71
3	Screening existierender Tools	77
3.1	Einleitung	77
3.2	Bewertung der unterschiedlichen Konzepte	77
3.2.1	AgBB-Konzept	78
3.2.2	Bewertungskonzept für sensibilisierende Stoffe in Baumaterialien	79
3.2.3	Innenraumlufthbelastungen mit VOC.....	80
3.2.4	Luftgrenzwerte am Arbeitsplatz	80
3.2.5	AUVA-Modell	80
3.2.6	Spalten-Modell.....	80
3.2.7	Wirkfaktoren-Modell.....	81
3.2.8	GISCODE	81
3.2.9	EMICODE	81
3.2.10	Danish Code Number System	82
3.2.11	Bautox.....	82
3.2.12	Emissionsklassifizierung von Baumaterialien (Finnland).....	82
3.2.13	Danish Indoor Climate Label	83
3.2.14	Prüfungen textiler Bodenbeläge	83

3.2.15	Umweltzeichen (Österreichisches Umweltzeichen, Eco-Label, Blauer Engel, Nordischer Schwan)	83
3.2.16	Natureplus	84
3.2.17	Ökopass.....	84
3.2.18	EURAM.....	84
3.2.19	USES-LCA, CML 2001	85
3.2.20	Eco-Indicator 99.....	85
3.2.21	Konzept der Toxizitätsklassen	85
3.2.22	Konzept der MEG-Äquivalente	86
3.3	Kurzüberblick – Methoden	87
4	Aspekte für einen systematischen Bewertungsansatz.....	90
4.1	Allgemeines	90
4.2	Errichtungs- und Nutzungsphase	90
4.3	Zubereitungen und Fertigwaren.....	91
4.4	Emission und Exposition gegenüber Schadstoffen	91
4.5	Relevante Bauprodukte	92
4.6	Datengrundlage zur Bewertung	94
4.6.1	Allgemeines	94
4.6.2	Zubereitungen.....	95
4.6.3	Fertigwaren.....	97
5	Vorschlag für ein Bewertungsschema	99
5.1	Einführung	99
5.2	Bewertungsgrundsätze	99
5.3	Erfasste Produktgruppen	101
5.4	Bewertungsschema auf Basis von Wirkungskategorien.....	102
5.4.1	CMR – Cancerogen, Mutagen, Reproduktionstoxisch.....	103
5.4.2	Reizende Wirkungen	106
5.4.3	Inhalative Toxizität.....	110
5.4.4	Vorsorgekategorie	120
5.4.5	Sensibilisierung.....	127
5.4.6	Geruch	129
5.5	Bewertungsbeispiel Parkettlacke.....	130
5.5.1	Produktbeschreibung.....	130
5.5.2	Erläuterungen	131
5.5.3	Parkettlack PL1: Siegellack auf Basis wasserverdünnbarer Polyurethan-/Acrylharze und kleinen Anteilen Lösungsmittel	132
5.5.4	Parkettlack PL2: Zubereitung auf Basis Polyurethan-/Acrylatdispersion und Additiven	133
5.5.5	Parkettlack PL3: Wässriger 2-komponentiger Polyurethanlack.....	134
5.5.6	Parkettlack PL4: Lösungsmittelhaltiges System – Holzbeschichtung Polyurethanlack	136
5.5.7	Parkettlack PL5: Grundierung.....	138
5.5.8	Vergleichende Gesamtbewertung Parkettlacke.....	139
5.6	Bewertungsbeispiel Bodenbeläge	140
5.6.1	Produktbeschreibung.....	140
5.6.2	Erläuterungen	143
5.6.3	Holzboden HB1: Fertigparkett 3-Schicht geölt.....	144
5.6.4	Holzboden HB2: Vollholzboden	145
5.6.5	Holzboden HB3: Dielenboden	146
5.6.6	Textiler Bodenbelag TB1: Schafwollteppich mit Jute-Gewebe als Trägermaterial und Rückenmaterial	147
5.6.7	Textiler Bodenbelag TB2: Teppich mit Chemiefaservlies als Trägermaterial und Textilrücken (Chemiefaser, gewebt).....	148

5.6.8	Textiler Bodenbelag TB3: Teppich aus Polypropylen/Polyester (70%/30%) mit Polypropylen-Bandgewebe als Trägermaterial und Textilrücken (Chemiefaservlies, vernadelt).....	149
5.6.9	Textiler Bodenbelag TB4: Teppich aus Polypropylen/Polyester (70%/30%) mit Polypropylen-Bandgewebe als Trägermaterial und Textilrücken (Chemiefaservlies, vernadelt).....	150
5.6.10	Textiler Bodenbelag TB5: Teppich aus Polypropylen mit Polypropylen-Bandgewebe (mit Faservliesauflage) als Trägermaterial und Schwerkbeschichtung mit textiler Unterseite (Chemiefaservlies) als Rückenmaterial.....	151
5.6.11	Textiler Bodenbelag TB6: Teppich aus Polyamid mit Polypropylen-Bandgewebe plus Faservliesauflage als Trägermaterial und Latex-Planschaum als Rückenausrüstung	152
5.6.12	Textiler Bodenbelag TB7: Teppich aus Polyamid mit Chemiefaservlies als Trägermaterial und Textilrücken (Chemiefaser, gewebt)	153
5.6.13	Textiler Bodenbelag TB8: Teppich aus Polyamid mit Chemiefaservlies als Trägermaterial und Textilrücken (Chemiefaser/Naturfaser gewebt)	154
5.6.14	Textiler Bodenbelag TB9: Teppich aus Polyamid mit Polypropylen-Bandgewebe als Trägermaterial und Textilrücken (Chemiefaser vernadelt).....	155
5.6.15	Textiler Bodenbelag TB10: Teppich aus Polypropylen mit Polypropylen-Bandgewebe als Trägermaterial und Textilrücken (Chemiefaser-Gewebe)	156
5.6.16	Textiler Bodenbelag TB11: Wollteppich mit Polypropylenbandgewebe als Trägermaterial und einem Textilrücken aus Jute-Gewebe.....	157
5.6.17	Textiler Bodenbelag TB12: Wollteppich mit Jute-Gewebe als Trägermaterial und Rückenmaterial	158
5.6.18	Textiler Bodenbelag TB13: Hartfasergewebe (Kokos) mit geprägtem Latexschaum als Rückenmaterial.....	159
5.6.19	Textiler Bodenbelag TB14: Teppich aus Polyamid mit Polypropylen-Bandgewebe als Trägermaterial und Latexplanschaum als Rückenmaterial.....	160
5.6.20	Textiler Bodenbelag TB15: Teppich aus Polyamid mit Polypropylen-Bandgewebe als Trägermaterial und Textilrücken (Chemiefaservlies, vernadelt).....	161
5.6.21	Elastischer Bodenbelag EB 1: Linoleum.....	162
5.6.22	Elastischer Bodenbelag EB2: Linoleum.....	163
5.6.23	Elastischer Bodenbelag EB3: Linoleum.....	164
5.6.24	Elastischer Bodenbelag EB4: Bodenbelag aus Kautschuk	165
5.6.25	Elastischer Bodenbelag EB5: PVC Boden 2mm	166
5.6.26	Elastischer Bodenbelag EB6: PVC Boden 1,5mm	167
5.6.27	Elastischer Bodenbelag EB7: PVC Boden 1,5mm	168
5.6.28	Elastischer Bodenbelag EB8: PVC Boden 0,5mm	169
5.6.29	Elastischer Bodenbelag EB9: PVC Boden 0,5mm	170
5.6.30	Elastischer Bodenbelag EB10: Linoleum mit Jutefaserrücken d = 2mm	171
5.6.31	Elastischer Bodenbelag EB11: Linoleum mit Jutefaserrücken d = 2mm	172
5.6.32	Elastischer Bodenbelag EB12: Linoleum mit Jutefaserrücken d = 2mm	173
5.6.33	Elastischer Bodenbelag EB13: Polyolefin-Belag d = 1,5 mm	174
5.6.34	Elastischer Bodenbelag EB14: Kautschukbelag d = 1,5 mm.....	175
5.6.35	Vergleichende Gesamtbewertung Bodenbeläge	176
6	Vom Baustoff zum Gebäude.....	179
7	Messungen von Innenraumnoxen.....	183
7.1	Allgemeines, Definitionen	183

7.2	Übersicht über mögliche Parameter bei Untersuchungen	184
7.2.1	Mögliche Parameter bei Luftuntersuchungen auf Aldehyde und Ketone	184
7.2.2	Mögliche Parameter bei Luftuntersuchungen auf VOC	184
7.3	Vorgangsweise bei Untersuchungen	186
7.3.1	Allgemeine Vorgangsweise	186
7.4	Interventionsmessungen	187
7.5	Orientierungsmessungen	189
7.6	Abnahmemessungen	191
7.6.1	Allgemeines	191
7.6.2	Übersicht über Messstrategie und Methodik	192
7.6.3	Vorgangsweise und Richtwerte für Abnahmemessungen	193
7.7	Abnahmemessungen für das TQ-Tool	195
8	Ergebnisse des Projektes und Schlussfolgerungen	198
8.1	Hintergrund des Projektes	198
8.2	Bestandsaufnahme	198
8.3	Das Sibat-Bewertungssystem – TQ-Zertifizierung der Planung	199
8.4	Abnahmemessungen – TQ-Zertifizierung der Errichtung	201
8.5	Schlussfolgerungen	201
9	Ausblick und Empfehlungen	203
10	Literaturverzeichnis	205

Anhang

A1	Gesetzliche Regelungen von Bauprodukten	226
A1.1	Allgemeines	226
A1.2	Bauproduktenrichtlinie 89/106/EWG (BPR)	226
A1.3	Bauproduktengesetz	227
A1.4	Ländergesetze	227
A1.5	Chemikalienrecht und Bauprodukte	228
A1.5.1	Einstufung und Kennzeichnung von Bauprodukten	228
A1.5.2	Österreichisches Chemikalienrecht und Bauprodukte	228
A2	Chemisch-analytische und sensorische Prüfungen von Bauprodukten	230
A2.1	Allgemeines	230
A2.2	Parameter	230
A2.2.1	Formaldehyd und weitere Aldehyde/Ketone	230
A2.2.2	Flüchtige und mittelflüchtige organische Verbindungen (VOC, SVOC)	231
A2.2.3	Isocyanate, Phenol	231
A2.2.4	Partikel, Fasern	232
A2.2.5	Pentachlorphenol (PCP) und andere Biozide	232
A2.2.6	Polychlorierte Biphenyle (PCB) und andere chlorierte Substanzen	232
A2.2.7	Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Phenole und ähnliches	232
A2.2.8	Weichmacher und Flammschutzmittel	233
A2.2.9	(Schwer)metalle	233
A2.3	Prüfkammeruntersuchungen	233
A2.3.1	Allgemeines	233
A2.3.2	Prüfkammeruntersuchung laut Österreichischer Formaldehydverordnung	235
A2.3.3	Prüfkammeruntersuchungen für das Österreichische Umweltzeichen	235
A2.3.4	Prüfkammeruntersuchungen für das natureplus Zeichen	235
A2.3.5	Prüfkammermessungen von textilen Bodenbelägen	236

A2.4	Sensorische Untersuchungen (Geruch)	236
A2.5	Materialuntersuchungen	236
A3	Methoden zur Bewertung humantoxischer Wirkungen von Bauprodukten.....	237
A3.1	Das AgBB-Konzept.....	237
A3.1.1	Allgemeines	237
A3.1.2	Beschreibung der Methode.....	237
A3.1.3	Ablaufschema des AgBB-Konzeptes	241
A3.1.4	NIK-Werte	242
A3.2	Bewertungskonzept für sensibilisierende Stoffe in Baumaterialien	244
A3.3	BauTox-Index BTI.....	248
A4	Tools im Arbeitsschutz	254
A4.1	Allgemeines	254
A4.2	Luftgrenzwerte am Arbeitsplatz	254
A4.2.1	Allgemeines	254
A4.2.2	MAK-Werte	254
A4.2.3	TRK-Werte.....	254
A4.3	Instrumente zur Ersatzstoffprüfung.....	255
A4.3.1	AUVA-Modell	255
A4.3.2	Spalten-Modell.....	257
A4.3.3	Wirkfaktoren-Modell.....	259
A5	Kennzeichnungssysteme, Prüf- und Umweltzeichen.....	260
A5.1	Einleitung	260
A5.2	GISCODE	260
A5.3	EMICODE	263
A5.4	Danish Code Number System	264
A5.4.1	Einleitung	264
A5.4.2	Måleteknisk Arbejdshygiejnisk Luftbehov (MAL)	265
A5.4.3	"Zahl nach dem Bindestrich"	267
A5.4.4	Berechnungsbeispiele	269
A5.5	Emissionsklassifizierung von Baumaterialien (Finnland).....	271
A5.6	Danish Indoor Climate Label	272
A5.6.1	Anwendungsgebiet	272
A5.6.2	Beschreibung	273
A5.7	Prüfsiegel für Teppichböden.....	275
A5.7.1	GuT-Signet	275
A5.8	Österreichisches Umweltzeichen.....	276
A5.8.1	Beschreibung.....	276
A5.8.2	Beispiel 1: Wandfarben (UZ 17; Ausgabe vom 1.1. 2003)	276
A5.8.3	Beispiel 2: Lacke, Lasuren und Holzversiegelungslacke (UZ 1; Ausgabe vom 1.1. 2003).....	277
A5.9	European EcoLabel	280
A5.9.1	Beschreibung	280
A5.9.2	2002/272/EG – Umweltkriterien für harte Bodenbeläge (25.3.2002).....	280
A5.9.3	2002/739/EG – Umweltkriterien für Innenfarben und -lacke (3.9.2002)	280
A5.10	Blauer Engel	281
A5.10.1	Beschreibung.....	281
A5.10.2	Schadstoffarme Lacke (RAL – UZ 12a; Jänner 1997).....	282
A5.10.3	Emissionsarme Wandfarben (RAL – UZ 102; Mai 2000).....	283
A5.11	Nordischer Schwan (Nordic swan)	284
A5.11.1	Beschreibung.....	284
A5.11.2	Klebstoffe (Adhesives).....	285
A5.12	natureplus	286

A5.12.1	Beschreibung.....	286
A5.12.2	Produktgruppen und -kategorien	287
A5.12.3	Beispiel: Wandfarben.....	288
A5.13	Ökopass.....	290
A6	Humantoxizität in risikovergleichenden und lebenszyklusbasierenden Methoden.....	291
A6.1	EURAM.....	291
A6.1.1	Die Berücksichtigung der Humanexposition	291
A6.1.2	Bewertung stoffinhärenter Eigenschaften.....	292
A6.1.3	Ranking der Humantoxizität.....	294
A6.1.4	Dänische Studie – Anwendung von EURAM auf Bauprodukte	294
A6.2	Standardmethoden des Life Cycle Assessment (Ökobilanzierung).....	295
A6.2.1	USES – LCA.....	296
A6.2.2	CML 2001	296
A6.2.3	Eco-indicator 99.....	297
A6.3	Bewertungsvorschläge für Humantoxizität im Rahmen der LCA-Methodik	298
A6.3.1	Konzept der Toxizitätsklassen	298
A6.3.2	Konzept der MEG-Äquivalente	300
A7	Weichmacher im Sinne der VdL-Richtlinie 01.....	304

Abkürzungsverzeichnis

AgBB	Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten
BGBI	Bundesgesetzblatt
CMR	krebserzeugend, erbgutverändernd, fortpflanzungsgefährdend
DDT	Dichlordiphenyltrichlorethan
ECA	European Collaborative Action
EURAM	European Union Risk Ranking Method
GC	Gaschromatographie
GEV	Gemeinschaft Emissionskontrollierte Verlegewerkstoffe e.V.
GuT	Gemeinschaft umweltfreundlicher Teppichboden
IARC	International Agency for Research against Cancer
KI	Kanzerogenitätsindex
LCA	Life Cycle Assessment
MAK	Maximale Arbeitsplatzkonzentration
MEK	Methylethylketon
MS	Massenspektrometrie
MVOC	Microbially Volatile Organic Compounds (Mikrobiell verursachte flüchtige organische Verbindungen)
NIK	Niedrigste interessierende Konzentration
n.n.	Nicht nachweisbar
NOAEL	No observed adverse effect level
NOEL	No observed effect level
OEL	Occupational exposure limit
PAK	Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe
PAH	Polycyclic aromatic hydrocarbons (= PAK)
PBDE	Polybromierte Diphenylether
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PCDD	Polychlorierte Dibenzodioxine
PCDF	Polychlorierte Dibenzofurane
PCP	Pentachlorphenol
PCT	Polychlorierte Terphenyle
RAL	RAL Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V.
SBS	Sick Building Syndrom
SDBI	Sicherheitsdatenblatt

SVOC	Semivolatile Organic Compounds (mittelflüchtige organische Verbindungen)
TBBPA	Tetrabrom-Bisphenol A
TRGS	Technische Regeln für Gefahrstoffe
TRK	Technische Richtkonzentration
TVOC	Total Volatile Organic Compounds
TXIB	2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandiol-diisobutyrat
VOC	Volatile Organic Compounds (flüchtige organische Verbindungen)
VVOC	Very Volatile Organic Compounds (sehr flüchtige organische Verbindungen)
WHO	World Health Organisation = Weltgesundheitsorganisation
WIK	Wirkungsbezogene Immissionsgrenzkonzentration
WIR	Wirkungsbezogener Innenraumrichtwert

Tabellenverzeichnis

Tab. 1.1:	Beispiel Heizwärmebedarf pro m ² beheizte Bruttogeschossfläche.....	4
Tab. 1.2:	Beispiel Gebäude mit natürlicher Belüftung.....	5
Tab. 1.3:	Bewertung von Abnahmemessungen in Hinblick auf VOC und Formaldehyd.....	6
Tab. 2.1:	Quellen, deren Ursachen und einige typische Emissionen und Aktivitätsprodukte (BMLFUW 2004a)	12
Tab. 2.2:	Gesundheitliche Wirkung von Formaldehyd	18
Tab. 2.3:	Richtwerte für Formaldehyd.....	19
Tab. 2.4:	Klassifizierung organischer Substanzen (nach WHO 1989).....	20
Tab. 2.5:	Beziehung zwischen Gesamtkonzentrationen einer VOC-Mischung und Expositionswirkungen nach Molhave (1991)	26
Tab. 2.6:	Österreichische und deutsche Richtwerte für ausgewählte VOC	28
Tab. 2.7:	Österreichische und deutsche Richtwerte für ausgewählte VOC, Fortsetzung	29
Tab. 2.8:	Österreichische und deutsche Richtwerte für ausgewählte VOC, Fortsetzung	30
Tab. 2.9:	Österreichische und deutsche Orientierungswerte für die Bewertung des Summenparameters-VOC	31
Tab. 2.10:	Ziel- und Richtwerte für Klassen von VOC	32
Tab. 2.11:	Richtwerte für Pentachlorphenol – Raumluft	35
Tab. 2.12:	Orientierungswerte Hausstaub Innenraum (UBA 1998)	36
Tab. 2.13:	AGÖF-Richtwerte für Biozide im Hausstaub, Auswahl (AGÖF 2004)	37
Tab. 2.14:	Richtwerte für Benzo(a)pyren – Raumluft.....	39
Tab. 2.15:	Richtwerte für PCB – Raumluft.....	41
Tab. 2.16:	Richtwerte für Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane – Raumluft	42
Tab. 2.17:	Richtwerte für TCEP und andere Trisphosphate – Raumluft.....	44
Tab. 2.18:	Praxisorientierte Beispiele für Geruchsstoffe aus Bauprodukten	47
Tab. 2.19:	Mittlere Geruchsschwellenwerte von häufig in Innenräumen vorkommenden Substanzen.....	50

Tab. 2.20: Richtwerte für Radon – Raumluft.....	54
Tab. 2.21: Richtwerte für anorganische Luftverunreinigungen – Raumluft.....	56
Tab. 2.22: Orientierungswerte für Milbenallergenkonzentrationen im Hausstaub Hamburger und Erfurter Wohnungen (Jacob et al. 1999).....	62
Tab. 2.23: Wachstumstemperaturen mesophiler, thermotoleranter und thermophiler Schimmelpilze (UBA 2002).....	63
Tab. 2.24: Einstufung verschiedener Materialien in Substratgruppen (Sedlbauer 2001).....	64
Tab. 2.25: Übersicht der unterschiedlichen Einflussfaktoren auf das Wachstum von Schimmelpilzen auf Baustoffen (Sedlbauer 2001).....	65
Tab. 2.26: Erfahrungswerte für die Beurteilung von Gesamtkeimzahlen von Pilzsporen in Innenräumen nach ECA (1993)	68
Tab. 2.27: Orientierungswerte für β -(1,3)-Glucan im Hausstaub Hamburger und Erfurter Wohnungen (Gehring et al. 2001)	69
Tab. 2.28: Literaturangaben für die CO ₂ -Abgabe von Menschen	73
Tab. 2.29: Klassifizierung der Innenraumluftqualität und Anforderungen an natürlich und mechanisch belüftete Gebäude in Hinblick auf CO ₂ (AK-Innenraumluft 2004b).....	76
Tab. 3.1: Methodenvergleich	87
Tab. 4.1: Relevanz von Bauproduktgruppen für die Innenraumluftqualität.....	93
Tab. 4.2: Gehalt an gefährlichen Inhaltsstoffen für eine Einstufung der Zubereitung	94
Tab. 4.3: Datenbasis Zubereitungen.....	96
Tab. 4.4: Datenbasis Fertigwaren.....	98
Tab. 5.1: Bewertung des humantoxischen Wirkungspotenzials in der Nutzungsphase durch Einstufung in Qualitätsklassen.....	101
Tab. 5.2: CMR-Kriterien in Umweltzeichen.....	104
Tab. 5.3: Wirkungskategorie CMR.....	105
Tab. 5.4: Kriterien für VOC und Formaldehyd in Umweltzeichen	107
Tab. 5.5: Wirkungskategorie Reizende Wirkungen.....	109
Tab. 5.6: Einteilung flüchtiger organischer Verbindungen (laut WHO 1989)	111
Tab. 5.7: VOC-Konzentrationen in Innenräumen des Großraums Berlin im Zeitraum von 1988 bis 1999, Substanzgruppe der Glykole und Glykolether (Schleibinger et al. 2001).....	113

Tab. 5.8:	Gewichtungsfaktoren des Dampfdrucks	115
Tab. 5.9:	Beziehung zwischen ermitteltem MAL, der "Zahl vor dem Bindestrich" und den Qualitätsklassen	116
Tab. 5.10:	Allgemeine Bewertungskriterien für die "Inhalative Toxizität"	116
Tab. 5.11:	Gewichtungsfaktoren für Art der Anwendung für die Nutzungsphase, Wirkungskategorie "Inhalative Toxizität".....	117
Tab. 5.12:	Wirkungskategorie "Inhalative Toxizität".....	119
Tab. 5.13:	Vorsorgekategorie	122
Tab. 5.14:	Prüfliste "Endokrine Wirkung und Hausstaubmonitoring".....	123
Tab. 5.15:	Prüfliste "Endokrine Wirkung und Hausstaubmonitoring", Fortsetzung.....	124
Tab. 5.16:	Prüfliste "Endokrine Wirkung und Hausstaubmonitoring", Fortsetzung.....	125
Tab. 5.17:	Prüfliste "Endokrine Wirkung und Hausstaubmonitoring", Fortsetzung.....	126
Tab. 5.18:	Wirkungskategorie Sensibilisierung.....	128
Tab. 5.19:	Wirkungskategorie Geruch	129
Tab. 5.20:	Übersicht über Beispielprodukte Parkettlacke	131
Tab. 5.21:	Vergleichende Gesamtbewertung Parkettlacke.....	139
Tab. 5.22:	Unterteilung Bodenbeläge.....	140
Tab. 5.23:	Übersicht über Beispielprodukte Bodenbeläge.....	141
Tab. 5.24:	Vergleichende Gesamtbewertung Bodenbeläge	176
Tab. 6.1:	Überführung der Bewertung in die TQ-Skala.....	180
Tab. 6.2:	Überführung der Bewertung in die TQ-Skala.....	181
Tab. 7.1:	Übersicht über mögliche Parameter bei Luftuntersuchungen auf Aldehyde und Ketone	184
Tab. 7.2:	Verbindungen, die zur Bestimmung von TVOC mindestens einzeln zu quantifizieren sind (nach ECA 1997, Seifert 1999).....	185
Tab. 7.3:	Übliche Randbedingungen für Raumlufuntersuchungen	186
Tab. 7.4:	Übersicht über mögliche Interventionsmessungen.....	188
Tab. 7.5:	Übersicht über mögliche Orientierungsmessungen vor einer Gebäudesanierung	190

Tab. 7.6:	Übersicht über die Messstrategie und Methodik bei Abnahmemessungen für Neubauten und Gebäudesanierungen	192
Tab. 7.7:	Richtwerte für Abnahmemessungen Formaldehyd.....	193
Tab. 7.8:	Richtwerte für Abnahmemessungen – VOC und SVOC.....	194
Tab. 7.9:	Empfehlung für die Abnahmemessungen, die in das TQ-Tool aufgenommen werden sollen.....	196

Anhang

Tab. A.1:	Verordnungen nach dem Chemikaliengesetz, die Stoffverbote bzw. Stoffbegrenzungen enthalten.....	229
Tab. A.2:	Emissionskriterien des AgBB-Konzeptes	240
Tab. A.3:	Bekannte sensibilisierende Stoffe typischer Bauprodukten (in Anlehnung an Rühl und Kluger 1999).....	245
Tab. A.4:	Richtwertempfehlungen für Allergene (nach Diel et al. 2002)	246
Tab. A.5:	Punkteskala für die Bewertung von Allergenen (nach Diel et al. 2002).....	246
Tab. A.6:	Art der Einwirkung und von zusätzlichen Faktoren.....	247
Tab. A.7:	Bewertungsbeispiele.....	247
Tab. A.8:	Abschließende Beurteilung eines Bauproduktes hinsichtlich des Allergiepotentials	248
Tab. A.9:	Berechnungsbeispiel des Bautox-Index BTI_o für Formaldehyd, Spanplatten und Konstruktionen aus Spanplatten (Kasser 2001)	249
Tab. A.10:	BTI_o Differenzierungen (Kasser 2001).....	250
Tab. A.11:	Bewertung eines Fußbodens aus PVC samt Aufbau (Kasser 2001).....	252
Tab. A.12:	Bewertung eines Fußbodens aus Linoleum samt Aufbau (Kasser 2001).....	253
Tab. A.13:	Daten als Grundlage für das AUVA-Modell	255
Tab. A.14:	Bewertungskriterien für die gesundheitlichen Wirkungen.....	256
Tab. A.15:	Freisetzungsvermögen (F).....	256
Tab. A.16:	Risikoklassen	257
Tab. A.17:	Bewertungskriterien des Spalten-Modells	258
Tab. A.18:	Bewertungskriterien für das Wirkfaktorenmodell	259

Tab. A.19: Produktgruppen und Kriterien für die Codierung nach GISCODE	262
Tab. A.20: EMICODE Schwellenwerte für Klassifizierungen	264
Tab. A.21: EMICODE-Emissionsgrenzwerte krebserzeugender oder krebverdächtiger Stoffe	264
Tab. A.22: Zusammenhang zwischen k und Dampfdruck (p)	265
Tab. A.23: MAL Faktor in Zusammenhang mit Stoffeinstufungen und Dampfdruck	266
Tab. A.24: Beziehung zwischen ermitteltem MAL und der "Zahl vor dem Bindestrich"	267
Tab. A.25: "Zahl nach dem Bindestrich" in Zusammenhang mit Einstufung, Gehalt und Risikobeschreibung	268
Tab. A.26: Produkt A "alkydmalning, halvblank"	269
Tab. A.27: Produkt E "acrylplastmalning, halvblank"	270
Tab. A.28: Emissionsklassifizierung des finnischen Prüfsystems für Baumaterialien	272
Tab. A.29: Prüfkriterien für das GuT-Signet (sofern humantoxikologisch relevant)	275
Tab. A.30: Prüfkriterien des Österr. UZ 07 (sofern humantoxikologisch relevant)	277
Tab. A.31: Prüfkriterien des Österr. UZ 01 (sofern humantoxikologisch relevant)	279
Tab. A.32: Prüfkriterien des Ecolabel für harte Bodenbeläge (sofern humantoxikologisch relevant)	280
Tab. A.33: Prüfkriterien des Ecolabel für Innenfarben und -lacke (sofern humantoxikologisch relevant)	281
Tab. A.34: Prüfkriterien des Blauen Engel für schadstoffarme Lacke (sofern humantoxikologisch relevant)	282
Tab. A.35: Prüfkriterien des Blauen Engel für emissionsarme Wandfarben (sofern humantoxikologisch relevant)	283
Tab. A.36: Prüfkriterien des Nordischen Schwan für Klebstoffe (sofern humantoxikologisch relevant)	285
Tab. A.37: Basisrichtlinie 0000 von natureplus: Kriterien für alle Produkte (sofern humantoxikologisch relevant)	287
Tab. A.38: RL 0600 von natureplus: Kriterien für Wandfarben (sofern humantoxikologisch relevant)	288
Tab. A.39: Vergabekriterien von natureplus für Innenwandfarben auf mineralischer Basis (Silikatfarben, Kalkfarben), sofern humantoxikologisch relevant	289
Tab. A.40: Abschätzung der Humanexposition aufgrund stoffinhärenter Eigenschaften	291

Tab. A.41: Abschätzung der Humanexposition aufgrund der Verwendung	292
Tab. A.42: Punkte auf Basis von R-Sätzen und Testergebnissen	293
Tab. A.43: Punkte auf Basis von R-Sätzen und Testergebnissen	294
Tab. A.44: Rahmen für die Humantoxizität laut CML 2001	297
Tab. A.45: Toxizitätsklassen (<i>Outdoor, Indoor</i>) in Abhängigkeit von R Sätzen und sonstigen Grenzwerten	299
Tab. A.46: Berechnung des Wirkfaktors eines Holzschutzmittels	301
Tab. A.47: Vergleich zweier Holzschutzmittel anhand von <i>kg MEG-Äquivalenten</i>	302
Tab. A.48: Gefahrstoffbilanzierung – Baumaterialien.....	303

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.1:	Beispiel der Darstellung des TQ-Gesamtergebnisses	4
Abb. 2.1:	Formaldehydkonzentrationen in älteren Fertighäusern (Baujahre bis 1985), (Tappler et al. 1997)	16
Abb. 2.2:	Eintrittswege von Radon in ein Gebäude (SARAH 1998).....	53
Abb. 2.3:	Verallgemeinerte Isoplethensysteme für Sporenauskeimung und Myzelwachstum (Sedlbauer 2001)	66
Abb. 2.4:	Die CO ₂ -Konzentration als Indikator für anthropogene Emissionen (nach ECA 1992)	75
Abb. 5.1:	Korrelation Siedepunkt und Innenraumlufkonzentration (VOC in Tab. 5.7).....	114
Abb. 5.2:	Korrelation Dampfdruck und Innenraumlufkonzentration (VOC in Tab. 5.7)	114

Anhang

Abb. A.1:	Schema zur gesundheitlichen Bewertung von VOC- und SVOC-Emissionen aus Bauprodukten.....	241
Abb. A.2:	Berechnung des innenraumrelevanten Zeit-Grenzwertes	274
Abb. A.3:	Schema des Eco-indicators 99	297
Abb. A.4:	Anteile von Produkt "X" und "Y" an den Toxizitätsklassen	300

1 EINLEITUNG

1.1 INNENRAUMLUFTQUALITÄT UND GESUNDHEIT

In unserem Kulturkreis halten sich Menschen zu einem hohen Anteil in Innenräumen auf. Geruchsbelästigungen und gesundheitliche Probleme durch schlechte Innenraumluft sind schon seit der Antike und verstärkt seit dem 18. Jahrhundert ein Thema. Der deutsche Hygieniker Max von Pettenkofer postulierte schon 1858 einen Richtwert von 0,1 Vol% für die maximale CO₂-Konzentration in Wohn- und Aufenthaltsräumen als Lüftungsparameter (Pettenkofer 1858), da er erkannte, dass hohe CO₂-Konzentrationen mit hygienisch unzureichender Luft korreliert waren.

In den letzten beiden Jahrzehnten wurde immer häufiger von gebäudebedingten Befindlichkeitsstörungen wie den unspezifischen Beschwerden des Sick Building Syndroms und dokumentierten Überschreitungen von Richtwerten von Innenraumschadstoffen berichtet. Insgesamt richtet sich das Augenmerk immer stärker auf humantoxische Wirkungen von Innenraumnoxen. Insbesondere für Kleinkinder, Kranke und chemisch sensiblere Menschen (z.B. PatientInnen mit Multipler Chemikaliensensitivität und andere (BMLFUW 2004a)) ist durch ihre vergleichsweise lange Aufenthaltsdauer in bestimmten Innenräumen die Qualität der Innenraumluft wesentlich. Die Innenraumluft hat über die unmittelbare toxikologische Bedeutung hinaus eine wichtige Funktion für die Wohn- und Lebensqualität, weshalb bei Luftschadstoffen auch das Wohlbefinden beeinträchtigende und belästigende Eigenschaften (z.B. unangenehme Gerüche) zu berücksichtigen sind. Darüber hinaus ist die Funktion der Wohnumwelt als Erholungsraum z.B. von Belastungen am Arbeitsplatz zu berücksichtigen (BMLFUW 2004b).

Für Schadstoffe, die nicht in Innenräumen emittiert werden, liegt die Belastung in einem ähnlichen Ausmaß wie im Außenbereich oder darunter. Sind jedoch Schadstoffquellen in Innenräumen und/oder eine schlechte Belüftungssituation vorhanden, kann die Belastung jene in der Außenluft um ein Vielfaches überschreiten (De Bortoli et al. 1986, Wallace et al. 1986). Wichtige Quellen in Innenräumen sind bestimmte menschliche Aktivitäten (z.B. Zigarettenrauchen, Reinigungstätigkeiten), Verbrennungsvorgänge sowie auch Baustoffe, Einrichtungsgegenstände und Materialien der Innenausstattung (Seifert 1990a). Neben den klassischen chemischen Schadstoffen wie Formaldehyd, Radon oder flüchtigen organischen Verbindungen existieren eine Reihe weiterer Noxen in Innenräumen, die in Hinblick auf humantoxische Wirkungen und Behaglichkeit von Relevanz sind. Dies sind unter anderem Bioaerosole, Stäube und Faserstoffe wie Asbest oder künstliche Mineralfasern sowie physikalische Parameter wie Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit und Luftgeschwindigkeit.

Als Alternative zu synthetischen Materialien wurden natürliche, zum Teil traditionelle Baustoffe, Materialien und Konstruktionen in den Markt eingeführt, die jedoch in Einzelfällen, meist als Folge falscher Anwendung, ebenfalls zu raumlufthygienischen Problemen führen können (Tappler 2004a).

1.2 AUFGABENSTELLUNG

Auf Grund der Bedeutung der Qualität der Innenraumluft für die Wohn- und Arbeitsqualität ist es im Rahmen von Gebäudebewertungen und Gebäudezertifikaten relevant, den Bewohne-

rInnen bzw. NutzerInnen versichern zu können, dass das errichtete Gebäude nach heutigem Wissensstand die Ziele eines vorsorgenden Gesundheitsschutzes erfüllt.

Im TQ-Gebäudebewertungs- und -zertifizierungssystem, welches im Rahmen der Programmlinie "Haus der Zukunft" entwickelt wurde, konnte eine Beurteilung von Bauprodukten bezüglich der Innenraumluftqualität bisher jedoch noch nicht ausreichend durchgeführt werden. Diese Lücke soll durch die vorliegenden Projektergebnisse geschlossen werden.

1.2.1 Das TQ-Tool³

Das TQ-Tool (Total Quality) ist ein Planungs- und Zertifizierungsinstrument für Gebäude. TQ unterstützt bei der Planung, Errichtung und Bewirtschaftung von Gebäuden und ist ein durchgehender Prozess von der Vorprüfung über die Zertifizierung der Planung bis zur abschließenden Zertifizierung nach der Errichtung des Gebäudes. Die Zertifizierung macht die Qualität eines Gebäudes sichtbar und vergleichbar und bringt so für die Vermarktung Vorteile und Sicherheit.

Die Bewertungskriterien sind im TQ-Kriterienkatalog beschrieben. Diese dienen auch als Planungsziele für nutzerInnenfreundliche, umweltschonende und kostengünstige Gebäude. So ist die TQ-Zertifizierung ein Qualitätssicherungssystem, das die Bewirtschaftung und Vermarktung von Gebäuden unterstützt.

Der Prozess umfasst folgende Schritte:

- Eine optionale Vorprüfung, welche die Ziele und Möglichkeiten eines Gebäudeprojektes absteckt und die Kosten und die Dauer der TQ-Zertifizierung klärt.
- Eine Datenerhebung während der Planungs- und Errichtungsphase auf Basis eines genau definierten Kriterienkatalogs mit dem von der argeTQ entwickelten TQ-Tool.
- Eine Zertifizierung jeweils nach Abschluss der Planung und der Errichtung, bei der die Daten von der argeTQ geprüft und die Qualität durch ein Zertifikat rechtsverbindlich bescheinigt wird.
- Unterstützung durch TQ-Seminare, in denen die Ziele, Inhalte und Hilfsmittel der TQ-Zertifizierung vermittelt werden.
- Optionale Beratung: Um eine optimale Verankerung des Qualitätsprozesses zu erreichen, kann der Bauträger die Daten auf Basis der TQ-Kriterien selbst erheben. Es besteht jedoch auch die Möglichkeit, sich von externen BeraterInnen begleiten zu lassen oder die Datenerhebung abzugeben.

Im Rahmen einer Besprechung mit den AuftraggeberInnen (BauträgerInnen) und den PlanerInnen (ArchitektIn, Haustechnik, Bauphysik, usw.) wird festgelegt, welche Nachweise (in Summe etwa 50 Einzelnachweise) von welchen PlanerInnen bzw. von den BauträgerInnen selbst zu erstellen und an die argeTQ weiterzuleiten sind. Einzelne Nachweise werden gegebenenfalls auch von der argeTQ erstellt. Die Nachweise können Ergebnisse von Berechnungen sein (z.B. des Heizwärmebedarfs nach ÖN EN 832) oder Angaben der BauträgerIn (z.B. Verzicht auf PVC bei Bodenbelägen). Die argeTQ überprüft die Unterlagen auf Voll-

³ Das TQ-Tool wird von der argeTQ betreut: Österreichisches Ökologie-Institut, Ziviltechniker Manfred Bruck, Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie, wobei das Tool durch das Österreichische Ökologie-Institut und den Ziviltechniker Manfred Bruck entwickelt wurde, www.argetq.at.

ständigkeit und Plausibilität. Wenn Angaben unglaubwürdig sind, werden entsprechende Rückfragen getätigt und Klärungen veranlasst. Ein darüber hinausgehender, vollständiger Nachvollzug aller Berechnungen findet nicht statt. Mit dem so entstandenen Planungsdatensatz wird die Bewertung gemäß TQ-Bewertungsschema durchgeführt. Bei positivem Prüfergebnis wird ein Zertifikat ausgestellt, das aus einer vierseitigen Zusammenfassung sowie einem umfassenden Tabellenteil mit allen Bewertungsdetails und Erläuterungen wichtiger Begriffe besteht.

Das Zertifikat "Planung" gibt den Planungsstand zum Zeitpunkt des Vorliegens der Verkaufspläne wieder. Änderungen bei der Errichtung sind möglich und werden – soweit sie TQ-Kriterien betreffen – im Zertifikat "Errichtung" erfasst und dargestellt.

Beispiele für solche TQ-Pässe siehe www.argetq.at/gebaeude/index.htm.

Bewertungskategorien im TQ-Tool

Der TQ-Katalog von Bewertungskriterien definiert Zielwerte für die Gebäudeplanung. Die Hauptkriterien umfassen:

- Ressourcenschonung (Energiebedarf, Heizwärmebedarf, Bodenschutz, Effiziente Baustoffnutzung,...),
- Verminderung von Belastungen für Mensch und Umwelt (Emissionen, Abfallvermeidung, Reduktion von Belastungen durch Baustoffe, Vermeidung von Radon, Elektrobiologische Hausinstallation, Vermeidung von Schimmel,...),
- NutzerInnenkomfort (Qualität der Innenraumluft, Behaglichkeit, Tageslicht, Schallschutz,...),
- Langlebigkeit (Flexibilität der Konstruktion,...),
- Sicherheit (Einbruchschutz, Brandschutz,...),
- Planungsqualität (der Planungsprozess als Teil eines umfassenden Immobilien-Managements),
- Qualitätssicherung bei der Errichtung,
- Infrastruktur und Ausstattung,
- Kosten.

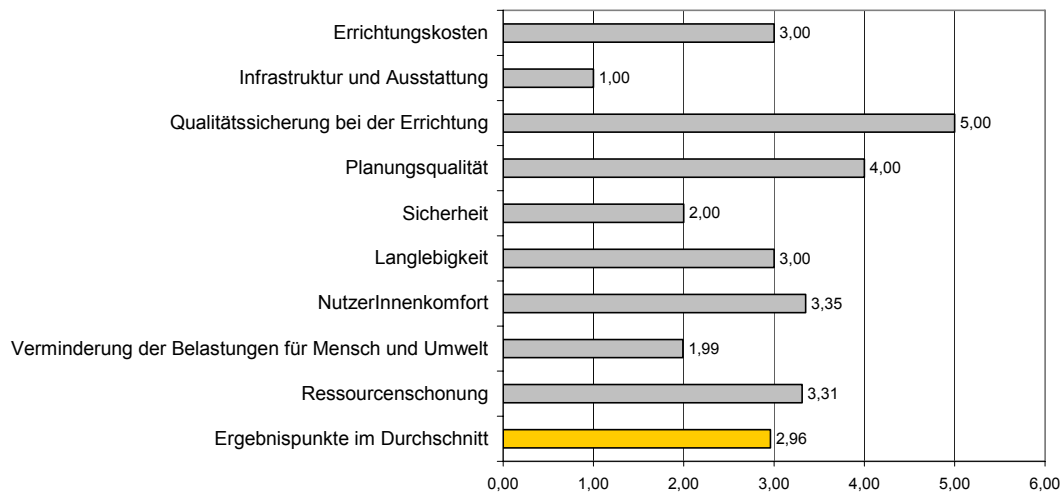
Für alle Bewertungskategorien sind Anforderungen definiert, wobei die Erfüllung mit einer definierten Punkteskala von -2 bis +5 Punkten bewertet wird.

Dabei entspricht eine Bewertung mit 0 Punkten dem derzeit üblichen Standard, eine Bewertung mit Minuspunkten entspricht einer schlechteren Performance als üblich und eine Bewertung von 1 bis 5 einer entsprechend besseren Performance. 5 Punkte können maximal erreicht werden.

Jeder Einzelnachweis wird mit einem Gewichtungsfaktor versehen, danach werden die gewichteten Einzelkriterien pro Kategorie aufsummiert. Eine Kategorie kann also – ebenso wie die Einzelkriterien – von -2 bis +5 Punkte erhalten. Insgesamt werden maximal neun verschiedene Kategorien bewertet.

Die folgende Abbildung zeigt ein Beispiel für das Endergebnis einer Bewertung, die in jeder Kategorie über dem Standard liegt (also über 0 Punkten).

Abb. 1.1: Beispiel der Darstellung des TQ-Gesamtergebnisses



Als Beispiel für die Bewertung eines Einzelkriteriums (in diesem Fall des Heizwärmebedarfs) dient die folgende Tabelle. Falls der HWB kleiner als $12,75 \text{ kWh/m}^2$ beheizter Bruttogeschossfläche ist, werden 5 Punkte vergeben. Der derzeitige Standard liegt bei einem HWB zwischen $63,7$ und $76,5$ und würde mit 0 Punkten bewertet werden.

Tab. 1.1: Beispiel Heizwärmebedarf pro m^2 beheizte Bruttogeschossfläche

	Einheit	Punkte (Beste Wertung: 5 Punkte)
$< 12,75$	$\text{kWh/m}^2_{\text{BGF,a}}$	5
$12,75 \leq \text{HWB} < 25,5$	$\text{kWh/m}^2_{\text{BGF,a}}$	4
$25,5 \leq \text{HWB} < 38,25$	$\text{kWh/m}^2_{\text{BGF,a}}$	3
$38,25 \leq \text{HWB} < 51$	$\text{kWh/m}^2_{\text{BGF,a}}$	2
$51 \leq \text{HWB} < 63,75$	$\text{kWh/m}^2_{\text{BGF,a}}$	1
$63,75 \leq \text{HWB} < 76,5$	$\text{kWh/m}^2_{\text{BGF,a}}$	0
$76,5 \leq \text{HWB} < 93,5$	$\text{kWh/m}^2_{\text{BGF,a}}$	-1
$\geq 93,5$	$\text{kWh/m}^2_{\text{BGF,a}}$	-2

Im TQ-Tool kann auch unterschieden werden, ob ein Konzept für eine bestimmte Maßnahme vorliegt oder nicht. Dadurch können ansonsten gleiche Einzelnachweise mit unterschiedlichen Punkten versehen werden, wie das folgende Beispiel anhand der Natürlichen Belüftung zeigt.

Tab. 1.2: Beispiel Gebäude mit natürlicher Belüftung

Kein Vermeidungskonzept für Luftschadstoffe	Vermeidungskonzept für Luftschadstoffe vorhanden	Punkte (Beste Wertung: 5 Punkte)
	Möglichkeiten der ausreichenden natürlichen Lüftung durch Berechnung nachgewiesen	5
Möglichkeiten der ausreichenden natürlichen Lüftung durch Berechnung nachgewiesen	Diagonal- und/oder Querlüftung, kleinstufig verstellbare Lüftungsflügel, Lüftungskonzept liegt vor	4
Diagonal- und/oder Querlüftung, kleinstufig verstellbare Lüftungsflügel, Lüftungskonzept liegt vor	Diagonal- und/oder Querlüftung, kleinstufig verstellbare Lüftungsflügel	3
Diagonal- und/oder Querlüftung, kleinstufig verstellbare Lüftungsflügel	Diagonal- und/oder Querlüftung	2
Diagonal- und/oder Querlüftung		1
	keine Diagonal- oder Querlüftung	0
keine Diagonal- oder Querlüftung		-1
Raumluftqualität kein Planungsthema		-2

1.2.2 Innenraumluftqualität und Kriterien der Humantoxizität im TQ-Tool

Die Bewertung der Raumluft bzw. von Baumaterialien bezüglich Humantoxizität erfolgt im bisherigen TQ-Tool in einigen Kategorien. Fallweise sind für die Bewertung gleichzeitig Aspekte des Gesundheitsschutzes sowie des Umweltschutzes ausschlaggebend.

Auszug aus Kategorie 2 – "Verminderung von Belastungen für Mensch und Umwelt"

- Unterkategorie 2.5: Reduktion von Belastungen durch Baustoffe: Bewertet wird die Vermeidung von PVC und von Polyurethan in Schäumen, Dichtungen, Dämmungen, ob und wenn ja welcher chemische Holzschutz außen und innen verwendet wurde; ob lösungsmittelarme bzw. freie Voranstriche, Anstriche, Lacke und Klebstoffe eingesetzt wurden. Ein Problem bei dieser Form von Ausschlusskriterien ist, dass der direkte NutzerInnenbezug nicht klar kommunizierbar ist.
- Unterkategorie 2.6: Vermeidung von Radon: Bewertet wird, ob Maßnahmen durchgeführt wurden, um die Radonkonzentration zu verringern.
- Unterkategorie 2.8: Vermeidung von Schimmel: Bewertet wird die ausreichende Austrocknung vor dem Bezug der Wohnung.

Auszug aus Kategorie 3 – "NutzerInnenkomfort"

- Unterkategorie 3.1: Qualität der Innenraumluft: Bewertet werden die Filterqualität der Lüftungsanlage, die Effizienz der Wärmerückgewinnung, das Vorliegen eines qualitativen Schadstoffvermeidungskonzepts, d.h. welche möglichen Schadstoffquellen durch die Materialauswahl vermieden wurden.
- Unterkategorie 3.2: Behaglichkeit: Bewertet werden Temperatur und Feuchtigkeit im Sommer und Winter.

1.2.3 TQ-Innenraummessungen nach Fertigstellung

Bislang wurden durch TQ keine Abnahmemessungen durchgeführt. Durch die Zusammenführung des TQ-Tools mit dem zweiten in Österreich existierenden Gebäudezertifikat, dem Ökopass⁴, werden die Messungen und deren Bewertung, die bisher für den Ökopass durchgeführt wurden, in das TQ-Tool aufgenommen (Lipp 2004). Die folgenden für die Innenraumluftqualität relevanten Parameter werden dabei erfasst und bewertet.

Tab. 1.3: Bewertung von Abnahmemessungen in Hinblick auf VOC und Formaldehyd

Bewertung			
Ausgezeichnet	Sehr gut	Gut	Befriedigend
Summe der flüchtigen organischen Verbindungen (Summe VOC, Siedepunkt bis 250°C)			
Summe VOC < 0,25 mg/m ³ (4 Wochen nach Freigabe)	Summe VOC < 0,5 mg/m ³ (4 Wochen nach Freigabe)	Summe VOC < 1,0 mg/m ³ (4 Wochen nach Freigabe)	Summe VOC < 2,0 mg/m ³ (4 Wochen nach Freigabe)
Formaldehyd			
kleiner als 0,04 ppm	kleiner als 0,06 ppm	kleiner als 0,08 ppm	kleiner als 0,1 ppm

In Kapitel 7.7 findet sich ein Vorschlag, welche Abnahmemessungen im TQ-Tool aufgenommen werden sollten.

1.3 SCHWERPUNKT DES PROJEKTES

Die bisherige Berücksichtigung toxikologischer Aspekte von Baustoffen durch den Ausschluss von Produkten bzw. Produktgruppen stellt eine unbefriedigende Lösung im Rahmen des TQ-Tools dar. Das Vorliegen eines qualitativen Schadstoffvermeidungskonzeptes hingegen gewährleistet keine ausreichende Vergleichbarkeit. Ziel des Projektes war es daher, einen systematischen und pragmatischen Bewertungsansatz für das TQ-Planungstool (TQ-Zertifizierung der Planung) zu entwickeln, durch welchen das mit Bauprodukten verbundene humantoxische Wirkungspotenzial vorausschauend abgeschätzt und vermieden werden kann. Diese Vorsorge bei der Auswahl von Baumaterialien sollte dann durch die Einhaltung entsprechender Richtwerte bei der Abnahmemessung auch bestätigt werden (TQ-Zertifizierung der Errichtung). Es wurden außerdem die Zusammenhänge zwischen den bei Innenraumluftmessungen erfassten Schadstoffen und ihren potentiellen gesundheitlichen Wirkungen dargestellt.

Im Zuge der Bearbeitung wurde festgestellt, dass die methodische Herausforderung vor allem im Entwickeln eines Bewertungsverfahrens für die Nutzungsphase liegt. Die Gründe dafür sind:

⁴ Der Ökopass wurde entwickelt durch die Mischek Ziviltechniker AG und das Österreichische Institut für Baubiologie und -ökologie, www.ibo.at/oekopass.

- Für die Verarbeitungsphase existieren bereits eine Reihe von ArbeitnehmerInnenschutzanforderungen, für die Nutzungsphase hingegen wurden nach wie vor kaum Vorsorge-richtwerte herausgegeben.
- Im Bereich des ArbeitnehmerInnenschutzes sind bereits einige Methoden verfügbar und werden im Anhang auch dargestellt, die für das vorliegende Projekt adaptiert werden können.
- Für einen Gebäudepass ist vor allem die Nutzungsphase relevant.

Aus den vorgenannten Gründen werden Aspekte des Arbeitsschutzes zwar in der Beschreibung des Bewertungssystems mit erwähnt, insofern sie eine andere Behandlung als die Kriterien für die Nutzungsphase bedingen. Sie wurden derzeit jedoch nicht in das eigentliche Bewertungssystem aufgenommen.

Prinzipiell kann sich eine Bewertung auf im Bauprodukt enthaltene Inhaltsstoffe oder auf vom Bauprodukt abgegebene Emissionen beziehen. Im Projekt wurde ein Bewertungsansatz angestrebt, der beide Ansätze berücksichtigt und nutzt. Das Bewertungssystem wird an Beispielen für Bodenbeläge und für Parkettlacke exemplarisch angewendet.

1.4 EINORDNUNG IN DIE PROGRAMMLINIE "HAUS DER ZUKUNFT" ⁵

Im Rahmen des Projektes "Ecobuilding – Optimierung von Gebäuden durch Total Quality Assessment", welches durch die Programmlinie "Haus der Zukunft" gefördert wurde, erfolgte die Erstellung des Instruments der TQ-Gebäudebewertung (siehe Kapitel 1.2.1). Damit soll im Sinne der Ziele der Programmlinie ein wichtiger Beitrag zur Umweltentlastung sowie zur Steigerung der NutzerInnenfreundlichkeit und Gebäudequalität insgesamt geleistet werden.

Neben der Finanzierung durch das Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie wurde das TQ-Tool auch im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit und des Lebensministeriums entwickelt und wird von der argeTQ laufend anhand neuer Forschungsergebnisse weiterentwickelt.

Zu dieser Weiterentwicklung soll das vorliegende Projekt ebenfalls beitragen, indem die Bewertungsgrundlage für die Sicherstellung einer gesunden Innenraumluft verbessert wird.

Damit wird ein Beitrag zu den folgenden spezifischen Zielen der Programmlinie "Haus der Zukunft" geleistet:

- Vermehrte Berücksichtigung von Service- und Nutzungsaspekten für die BenutzerInnen von Wohn- und Bürogebäuden.

Beitrag zu spezielle Zielen des Programmteils Althausanierung:

- Verbesserung der Wohnqualität und Erhöhung der NutzerInnenzufriedenheit im vorhandenen Gebäudebestand,
- Vermehrte Berücksichtigung baubiologischer Aspekte bei der Althausanierung.

⁵ www.hausderzukunft.at

1.5 VERWENDETE METHODEN UND DATEN

Als Grundlage für die Entwicklung des Bewertungsansatzes wurde eine Gegenüberstellung methodischer Zugänge der Bewertung von Humantoxizität im Rahmen von Ökobilanzen (LCA), Arbeitsschutztools, Emissionsmessungen, Produktklassifizierungen, Mindestproduktstandards und Produktbewertungs- und -kennzeichnungssystemen für Bauprodukte vorgenommen. Zur Identifizierung der zu berücksichtigenden Schadstoffe wurden die Zusammenhänge zwischen den bei Innenraumluftmessungen erfassten Schadstoffen und ihren potentiellen gesundheitlichen Wirkungen dargestellt.

Diese Informationen wurden vorwiegend durch Literaturarbeit und desk research erhoben. Für die Konzeption eines pragmatischen und für das TQ-Tool nutzbaren Bewertungsansatzes war die umfassende Analyse bestehender Bewertungsansätze notwendig und der Bestand an vorhandener Literatur wurde gezielt aufgearbeitet. Ergänzend zur "klassischen" Literaturarbeit wurde die Projektarbeit durch gezielte Internet-Recherchen unterstützt, da eine Reihe von relevanten Methoden und vor allem Kennzeichnungssystemen nur in dieser Form veröffentlicht sind.

Erste Überlegungen zum Bewertungssystem wurden im Rahmen eines Workshops mit FachexpertInnen auf der Tagung "Gesunde Raumluf – Schadstoffe in Innenräumen – Prävention und Sanierung", welche vom 12.-13. Februar 2004 in Wien stattfand, vorgestellt.

Ein weiter ausgereifter Vorschlag wurde im Rahmen eines ExpertInnen-Workshops am 26. April 2004 vorgelegt und diskutiert. Innerhalb des Projektteams wurde das endgültige Bewertungssystem entwickelt.

Abschließend erfolgte eine exemplarische Anwendung des Bewertungssystem für Bodenbeläge und für Parkettlacke. Die dafür erforderlichen Daten wurden aus in der Literatur veröffentlichten Messungen; aus Messungen, die durch Firmen zur Verfügung gestellt wurden oder aus Sicherheitsdatenblättern gewonnen.

1.6 AUFBAU DER ARBEIT

Die Zusammenhänge zwischen den bei Innenraummessungen erfassten Schadstoffen und ihren potentiellen gesundheitlichen Wirkungen wurden in einem ersten Arbeitsschritt erhoben und sind in Kapitel 2 dargestellt. In diesem Kapitel sind auch die im deutschsprachigen Raum und international anerkannte Richtwerte für Innenraumnoxen zusammengefasst.

Ein weiterer wesentlicher Arbeitsschritt umfasste die Gegenüberstellung existierender Methoden zur Bewertung der Wirkungskategorie "Humantoxizität" für Bauprodukte mit speziellem Fokus auf die Relevanz hinsichtlich der Innenraumluftqualität und Arbeitsschutz. Eine vergleichende Charakterisierung und Gegenüberstellung der untersuchten Methoden sowie eine Einschätzung der Nutzbarkeit der Methoden für die Entwicklung des Bewertungssystem werden in Kapitel 3 dargestellt. Eine umfassende Beschreibung der Methoden findet sich im Anhang in den Kapiteln A3 bis A6.

Kapitel 4 stellt die Grundüberlegungen für den Aufbau des Bewertungssystem vor. Dies betrifft die Festlegung der Lebenszyklusphasen der Bauprodukte, die bei der Bewertung berücksichtigt werden; die prinzipielle Unterscheidung in Zubereitungen und Fertigwaren; die Festlegung, auf welchen Produktinformationen, die Bewertung aufbauen soll und die Festlegung der Bauproduktgruppen, welche für eine Bewertung hinsichtlich Innenraumqualität relevant sind.

Das entwickelte Bewertungsschema (Kapitel 5) beschreibt das humantoxische und innenraumrelevante Wirkungspotenzial anhand der fünf Wirkungskategorien CMR (cancerogene, mutagene und reproduktionstoxische Stoffeigenschaften), Reizende Wirkungen, Inhalative Toxizität, Sensibilisierung und Geruch sowie einer Vorsorgekategorie. Das Bewertungssystem wurde exemplarisch für Parkettlacke (Kapitel 5.5) und für Bodenbeläge (Kapitel 5.6) angewendet.

Die Bewertung wird zunächst auf der Ebene von Bauprodukten vorgenommen. Um dieses System für eine Gebäudebewertung bzw. -zertifizierung nutzen zu können, muss ein weiterer Schritt der Aggregation erfolgen. Ein entsprechender Vorschlag ist in Kapitel 6 ausgeführt.

Die Vorsorge bei der Auswahl von Baumaterialien sollte nach Errichtung des Gebäudes dann auch durch die Einhaltung entsprechender Richtwerte bei der Abnahmemessung bestätigt werden. Eine Beschreibung der Messung von Innenraumnoxen sowie ein Vorschlag für eine Erweiterung der gemessenen Parameter in der Abnahmemessung des TQ-Tools mit entsprechender Bewertung ist in Kapitel 7 dargestellt.

Kapitel 8 ist eine zusammenfassende Darstellung der Projektergebnisse und Kapitel 9 gibt einen Ausblick über Anwendbarkeit und weiteren Forschungsbedarf.

2 GRUNDLAGEN ZU DEN IN GEBÄUDEN AUFTRETENDEN NOXEN UND DEREN GESUNDHEITLICHEN AUSWIRKUNGEN

2.1 EINLEITUNG

Betrachtet man die Parameter, die mit der Beschaffenheit und Nutzung eines Wohngebäudes in direktem Zusammenhang stehen und einen wesentlichen Einfluss auf die Qualität der Innenraumluft, auf die Behaglichkeit und damit auf den gesundheitlichen Status der NutzerInnen ausüben, kann zwischen folgenden Faktoren unterschieden werden:

- abiotische Luftverunreinigungen wie organische Verbindungen, Formaldehyd, Asbest, Radon,
- biogene Luftverunreinigungen wie Pollen, Schimmelpilze, anthropogene Emissionen,
- physikalische Faktoren wie Temperatur, Luftfeuchte oder Luftgeschwindigkeit.

Zusätzlich zu den oben genannten "klassischen" Einflussfaktoren werden andere wie Luftionen, elektromagnetische Felder oder radiästhetische Phänomene (z.T.) kontroversiell diskutiert.

Im Bereich der Luftverunreinigungen kann man im Wesentlichen zwischen folgenden Quellbereichen unterscheiden:

- Emissionen aus Baustoffen, Materialien der Innenausstattung, dem Untergrund und als Folge der An- und Verwendung von Produkten wie z.B. flüchtige organische Verbindungen (VOC), Formaldehyd, Radon, Schimmelpilze und deren Metaboliten infolge von Wärmebrücken,
- anthropogene Emissionen, dies sind Substanzen, die durch den Menschen im Rahmen seines biologischen Stoffwechsels abgegeben werden (z.B. Kohlendioxid, Bioeffluents, Bakterien),
- Immissionen aus dem Außenbereich (z.B. Schimmelpilzsporen, Pollen, Schadstoffe der Außenluft).

Das Wissen über Innenraumverunreinigungen hat sich seit Beginn des verstärkten wissenschaftlichen Interesses Ende der siebziger Jahre stetig vergrößert und verfeinert. Es ist jedoch nach wie vor bei einer Vielzahl von Faktoren noch nicht hinreichend bekannt, ob und in welchem Ausmaß eine mögliche gesundheitliche Belastung von RaumnutzerInnen besteht.

Zusätzlich zu den "klassischen" Innenraumnoxen wie Formaldehyd, flüchtigen organischen Verbindungen (VOC), Radon oder Asbest traten in den letzten Jahren neue Themen ins Zentrum der Aufmerksamkeit. Einige dieser Problemkreise sind (ohne Anspruch auf Vollständigkeit):

- reaktive flüchtige Sekundärprodukte (Salthammer 2000, Wolkoff 2004),
- Metaboliten und Bestandteile von Mikroorganismen,
- aus flüchtigen Substanzen gebildete ultrafeine Partikel (Weschler und Shields 1999),

- bestimmte Flammschutzmittel (Hutter et al. 2003, Sagunski und Roskamp 2002),
- Neubewertung von Substanzen (z.B. Terpenen) aufgrund neuer Informationen (Tappler 2004a).

Gerade im Spannungsbereich Innenraumlufte und Gesundheit sind Ursachen-Wirkungsbezüge äußerst schwer herzustellen, weil einerseits langfristige Belastungen im Niedrigdosisbereich vorkommen und andererseits schwer fassbare, diffuse Symptome und Befindlichkeitsstörungen eher die Regel als die Ausnahme sind. In manchen Fällen ist es schwierig, die relevanten Parameter zu erfassen. Entsprechend komplex ist es naturgemäß, Zusammenhänge zu erfassen und Noxen in Innenräumen adäquat zu bewerten.

Die nachfolgend beschriebenen Noxen sind in der Regel Messungen zugänglich und können quantifiziert und im Idealfall auch bewertet werden. Bewertungen in Hinblick auf gesundheitliche Aspekte erfolgen in aller Regel nach Betrachtung der Einzelfaktoren, wobei Synergieeffekte aufgrund fehlender Informationen weitgehend unberücksichtigt bleiben müssen.

Übersicht über innenraumrelevante Luftverunreinigungen und ihre Quellen

Die untenstehende Tabelle gibt geordnet nach den Quellen unter Beachtung der verwendeten Produkte exemplarisch die Emissionen an (BMLFUW 2004a, adaptiert nach VDI 4300 Blatt 1).

Tab. 2.1: Quellen, deren Ursachen und einige typische Emissionen und Aktivitätsprodukte (BMLFUW 2004a)

Quelle/Ursache	Vorgang/Aktivität	Verwendete Produkte, Quellen im engeren Sinne	Typische Emissionen/ Aktivitätsprodukte
1. Lebewesen			
Mensch, Haustiere, Schädlinge	Atmung		Kohlendioxid, Wasserdampf, körpereigene Geruchsstoffe, Geruchsstoffe aus Lebensmitteln; Bakterien und Viren
	Transpiration		Wasserdampf, Geruchsstoffe
	Verdauung, Ausscheidungsvorgänge		Darmgase, Geruchsstoffe und Zersetzungsprodukte aus Exkrementen bzw. krankhaften Absonderungen, Bakterien und Viren: allergener Staub
	Haarausfall, Hautabschilferung		allergener Staub
Zimmerpflanzen	Ausdünstung		Terpene und andere Geruchsstoffe, z.T. Latex, Wasserdampf
Schimmelpilze	Vermehrung, Stoffwechsel		Pilzsporen, Toxine, Geruchsstoffe
2. Bausubstanz/Gebäudeausrüstung			
Baukörper und -material	Produktverarbeitung, Ausgasung, Alterung, Abrieb, Zersetzung	Baustoffe, Bauten- u. Korrosionsschutzmittel, Isolierstoffe, Dichtungsmaterialien	Verschiedenartige gas- und partikelförmige Stoffe, wie z.B. Lösungsmittel, Weichmacher, Monomere, Oligomere, Holzschutz- und Flammschutzmittel, Fasern (Asbest, Mineralwolle), Radon aus Baumaterialien
	Luftströmungen in Gebäuden	Benachbarte Räume	Diverse Substanzen aus anderen Teilen des Gebäudes wie Tabakrauch, Lösungsmittel, Geruchsstoffe
Raumlufttechnische Anlage	Betrieb und Wartung	Wäscher, Filter, Isolier- und Dichtungsmaterialien, Ablagerungen	Mikroorganismen und deren Stoffwechselprodukte, Biozide, Fasern, Staub, Geruchsstoffe

Quelle/Ursache	Vorgang/Aktivität	Verwendete Produkte, Quellen im engeren Sinne	Typische Emissionen/ Aktivitätsprodukte
Raumausstattung, Einrichtungsgegenstände	Produktverarbeitung; Renovierung, Ausgabung	Möbel, Fußbodenbeläge, Heimtextilien, Anstrichmittel, Tapeten	Lösungsmittel, Monomere u. Oligomere aus Kunststoffen, Harzen, Oberflächenbeschichtung und Klebern (z.B. Formaldehyd); Fasern, Weichmacher, Flammenschutzmittel
3. Raumnutzung			
Energieeinsatz	Verbrennungsprozesse (Heizen, Kochen) Betrieb von offenen Feuerstellen	Kohle, Heizöl, Gas, Holz	Erdgas, Stadtgas, Heizöldampf; Kohlendioxid, Kohlenstoffmonoxid, Stickstoffoxide, Wasserdampf, Staub, Kohlenwasserstoffe und andere organische Stoffe (Verbrennungs- und Schwelprodukte)
Hygiene	Körperpflege, kosmetische Behandlung	kosmetische Mittel und Bedarfsgegenstände; Dusch- und Badewasser	Lösungsmittel, Treibgase, Duftstoffe, anorganische und organische Aerosole (Farbstoffe, Pigmente, Lacke, Harze), Haloforme, Radon und Legionellen aus Warmwassersystem
	Reinigungs- und Pflegemaßnahmen; Schädlingsbekämpfung	Wasch- und Putzmittel, Polituren, Desinfektionsmittel, Schädlingsbekämpfungsmittel	Ammoniak, Chlor und Chlorverbindungen, organische Lösungsmittel, Tetrachlorethen, Insektizide, Bakterizide
Nahrungsmittel	Nahrungsmittelzubereitung und -verzehr	Brennstoffe (s.o.), Lebensmittel	Flammgase (siehe "Energieeinsatz"); gasförmige Pyrolyseprodukte, Geruchs- und Aromastoffe (natürlich und synthetisch), Ethanol
Nutzung als Büro	Bürobetrieb	Büroartikel, EDV-Geräte, Kopierer	organische Lösungsmittel, Weichmacher, Flammschutzmittel, Tonerbestandteile, Ozon
Überdecken von Gerüchen	Anbringung durch RaumnutzerInnen	Sprays, Duftlampen, Räucherstäbchen	Meist flüchtige organische Verbindungen, Geruchsstoffe
Nutzung im Rahmen von Hobby- und Heimarbeiten	Heimwerken, Renovieren, Malen und dergleichen	Farben, Lacke, Kleber, Sprays, Bastelartikel, Lötwerkzeug	anorganische und organische gas- und aerosolförmige Stoffe, vor allem Treib- und Lösungsmittel, Stäube, Metaldämpfe, Monomere, Biozide

Quelle/Ursache	Vorgang/Aktivität	Verwendete Produkte, Quellen im engeren Sinne	Typische Emissionen/ Aktivitätsprodukte
Tabakwaren	Rauchen	Tabakwaren	Kohlenstoffmonoxid, Stickstoffoxide, Nikotin, Aldehyde, Nitrosamine und zahlreiche andere organische Stoffe (z.B. polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe)
	Nutzung als Garage (Abstellraum)	Treibstoffe, Farben, Lacke, Reinigungsmittel usw.	Kraftstoffdämpfe, Abgas, Lösungsmittel
4. Personen- und Gütertransport			
Betrieb und Ausstattung von Verkehrsmitteln	Aufenthalt in Verkehrsmitteln, Lüftung	Treibstoffe, Kunststoffteile, Isoliermaterial, Außenluft	Verkehrsabgase (Kohlenstoffmonoxid, Stickstoffoxide, Kohlenwasserstoffe, polyzyklische Aromaten, Benzol, Schwebstaub, Dieselruß), Weichmacher u.a. Hilfsstoffe, Formaldehyd, Monomere, Ozon (Flugzeugkabinen)
5. Belastete Außenluft/Umgebung			
Emissionen durch menschliche Aktivitäten	Lüftung, Infiltration und Diffusion durch die Gebäudehülle hindurch	Gewerbe/Industriebetriebe, Verkehr, Hausbrand, Landwirtschaft	Anorganische und organische Gase und Aerosole, Lösungsmittel, Ammoniak, Geruchsstoffe
	Eindringen von Bodenluft, Staubaufwirbelung	Deponien, Altlasten	Methan u.a. flüchtige organische Verbindungen (Organohalogenverbindungen), Geruchsstoffe, Stäube
Biogene Emissionen	Abgabe von Teilchen und Gasen	Blühende Pflanzen	Pollen, Schimmelpilzsporen
Geogene Emissionen	Eindringen von Bodenluft	Uranvorkommen im Boden, Gärgase	Radon, Methan

2.2 ABIOTISCHE LUFTVERUNREINIGUNGEN

2.2.1 Begriffsdefinition

Bei den abiotischen Luftverunreinigungen unterscheidet man zwischen organischen, anorganischen sowie staub- und faserförmigen Luftverunreinigungen. Die angeführten Substanzen bzw. Substanzgruppen sind zum Teil mit ihrer chemischen Bezeichnung (z.B. Formaldehyd), zum Teil mit ihren chemischen Eigenschaften (z.B. Very Volatile Organic Compounds) und zum Teil mit ihrer Funktion im Baugeschehen (z.B. Weichmacher) angeführt. In manchen Fällen können zum Teil völlig unterschiedliche chemische Substanzklassen unter einer

Bezeichnung subsummiert sein, weiters bestehen auch Überschneidungen zwischen den angeführten Bezeichnungen.

Die wichtigsten abiotischen Luftverunreinigungen (ohne Anspruch auf Vollständigkeit) sind:

- Formaldehyd,
- Organische Verbindungen unterschiedlicher Flüchtigkeit (VVOC, VOC, SVOC),
- Biozide,
- Polychlorierte Biphenyle (PCB),
- Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK),
- Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/PCDF),
- Flammschutzmittel und Weichmacher,
- Radon,
- Kohlendioxid (durch Verbrennungsvorgänge freigesetzt),
- Faserstoffe (Asbest, künstliche Mineralfasern),
- Stäube und Partikel,
- Anorganische Gase wie Kohlenmonoxid, Ammoniak, Stickoxide oder Säuren,
- Verbrennungsprodukte durch Tabakrauch.

Grenzwerte für abiotische Luftverunreinigungen in der Luft von Innenräumen sind in Österreich nicht vorhanden. MAK-Werte sind zwar für eine Reihe von Substanzen vorhanden, sie dürfen jedoch definitionsgemäß für Bereiche wie Büros, Schulen etc., in denen nicht mit gesundheitsschädlichen Arbeitsstoffen umgegangen wird, nicht angewendet werden. Es werden daher in den folgenden Kapiteln Richtwerte angegeben, die zum Teil, wie die Richtwerte der Akademie der Wissenschaften, für Sachverständige als Beurteilungsgrundlage heranzuziehen und daher im Regelfall quasi bindend sind.

2.2.2 Formaldehyd

2.2.2.1 Eigenschaften und Vorkommen

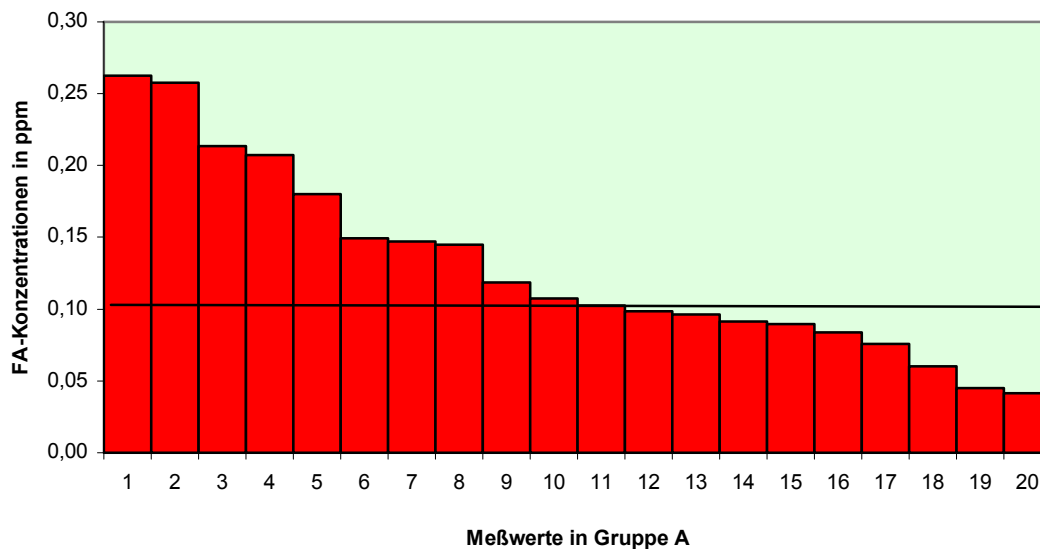
Formaldehyd ist ein sehr reaktives, stechend riechendes Gas mit der chemischen Formel HCHO . Die wässrige Lösung wird "Formalin" genannt. Hauptquelle von Formaldehydbelastungen in Innenräumen sind Spanplatten, aber auch andere Holzwerkstoffe, die mit Harnstoff-Formaldehydverbindungen verleimt wurden.

Mit Harnstoff-Formaldehydharzen und Melamin-Harnstoff-Formaldehyd-Harzen verleimte Holzwerkstoffe haben stets ein merkliches und anhaltendes Formaldehydabgabepotenzial. Die Qualität von Aminoplastharzen wurde jedoch in den letzten Jahren erheblich verbessert, was zu einer deutlich verringerten Abgasung von Formaldehyd führte. Mit Phenoplasten verleimte Holzwerkstoffe weisen nur eine geringe Formaldehydabgabe auf, es können jedoch Phenol, Essig- und Ameisensäure freigesetzt werden. Formaldehydfreie Verleimungen sind mit Diisocyanatklebstoffen möglich. Deren Monomere sind jedoch ebenfalls gesundheitlich recht bedenklich, was besondere Umsicht vor allem im Herstellungsprozess erfordert.

Die Formaldehydabgabe nimmt zwar besonders am Beginn merklich ab, hält jedoch insgesamt über Jahre an. Bei Verwendung sehr schlechter Qualitäten ist die Abgasung von For-

maldehyd auch noch nach Jahrzehnten hoch. Es konnte in der im Auftrag des Bundesministeriums für Gesundheit und Konsumentenschutz durchgeführten Studie "Formaldehyd und Luftwechsel in Österreichischen Fertigteilhäusern" (Tappler et al. 1997) eindeutig nachgewiesen werden, dass rund 50% der aus minderwertigen Spanplatten erbauten älteren Fertigteilhäuser (Gruppe A, Baujahr vor 1985) heute noch teilweise stark erhöhte Konzentrationen an Formaldehyd in der Raumluft aufweisen.

Abb. 2.1: Formaldehydkonzentrationen in älteren Fertighäusern (Baujahre bis 1985), (Tappler et al. 1997)



Zu Formaldehydkonzentrationen in Innenräumen existieren zahlreiche Felduntersuchungen. Eine größere Zahl älterer Arbeiten berichtet von Formaldehydkonzentrationen bis zu mehreren ppm in nicht gewerblich genutzten Innenräumen (COST 1990). Eine ältere Untersuchung in 100 österreichischen Wohnungen zeigte, dass in 97% der untersuchten Fälle Formaldehydkonzentrationen über 0,05 ppm und in 79% der Fälle über 0,1 ppm nachgewiesen wurden (Panzhauser et al. 1987).

Eine nicht repräsentative Untersuchung in österreichischen Innenräumen aus dem Jahr 1992 ergab, dass in rund 10% der untersuchten Räume der Wert von 0,1 ppm überschritten wurde (Tappler und Gann 1992). Der 50% Wert lag bei 0,053 ppm (Bereich der Werte: 0,012 - 0,288 ppm). Die höchsten Messwerte fanden sich in Wohnungen, in denen mehr als 8 Jahre vor der Untersuchung großflächig Spanplatten sowohl zum Möbelbau als auch als Wandmaterial verwendet wurden. Der absolut höchste, in dieser Untersuchung gemessene Wert von 0,288 ppm wurde in einem Fertigteilhaus aus dem Jahre 1973 gemessen, dessen Wände und Decken zur Gänze aus Spanplatten bestanden.

Von Krause et al. wurden in Deutschland insgesamt 329 nach dem Zufallsprinzip ausgewählte Wohnungen mittels Passivsammler auf Formaldehyd untersucht. Der 50% Wert lag bei 0,044 ppm, der höchste gemessene Wert bei 0,247 ppm (Krause et al. 1991). Hutter et al. (2002a) fanden in 160 zufällig ausgewählten Wohnungen in Wien mittels aktiver Probenahme (in Schlafräumen nach mindestens 4 Stunden ohne Fensterlüftung) Formaldehydkonzentrationen zwischen 7 und 92 ppb. Nur 6 Wohnungen hatten Werte über 50 ppb.

Die in Österreich seit 1990 gültige Formaldehydverordnung begrenzt die Ausgasung von Holzwerkstoffen unter Prüfraumbedingungen auf 0,1 ppm (Formaldehydverordnung 1990). Aber auch Holzwerkstoffe, die dieser Verordnung entsprechen, können bei höherer Luftfeuchte und/oder Temperatur, bei niedriger Luftwechselrate und hoher Raumbeladung in ungünstigen Fällen bis zu einem Vielfachen dieser Konzentration in der Luft von Innenräumen verursachen. Bei Spanplatten fällt die Formaldehydabgabe an die Raumluft vom Beginn an sehr rasch ab und pendelt sich dann bei einem relativ konstanten Wert ein. Dieser kann jedoch noch immer sehr hoch sein, insbesondere dann, wenn große Mengen an Spanplatten schlechter Qualität verwendet wurden.

Bei Innenraummessungen wurden auch nach Jahrzehnten stark überhöhte Werte festgestellt, immer dann, wenn schlechte Qualitäten und große Flächen pro gegebenem Raumvolumen verwendet wurden. Aus dem Ausland importierte Möbel unterlagen bis 1991 keiner qualitativen und gesetzlichen Beschränkung.

Bei säurehärtenden Lacken wird vor allem in der ersten Zeit in hohem Ausmaß Formaldehyd an die Raumluft abgegeben, es kommt hier in der Regel zu Überschreitungen von Raumluftgrenzkonzentrationen über einen Zeitraum von einigen Wochen. Zu Lacken wird mitunter Formaldehyd auch als Konservierungsstoff beigegeben. Auch sogenannte UF-Schäume (die in Österreich wenig Anwendung fanden) können über längere Zeiträume stark erhöhte Konzentrationen an Formaldehyd in der Raumluft verursachen. Diskontinuierliche Quellen in Innenräumen sind darüber hinaus Desinfektionsmittel, offene Gasflammen und vor allem Zigarettenrauch.

2.2.2.2 Gesundheitliche Auswirkungen

Formaldehyd ist eine flüchtige Verbindung, die schon in sehr niedrigen Konzentrationen gesundheitliche Wirkungen bei empfindlichen Menschen verursachen kann.

Tab. 2.2: Gesundheitliche Wirkung von Formaldehyd

Luftkonzentrationen in ppm	Wirkung (Rat von SV 1987)
0,01-1,6	Schwelle für Augenreizungen
0,05-1,0	Geruchsschwelle
0,05	neurophysiologische Effekte: Kopfschmerzen, Sehstörungen, Schwindelgefühle
0,08-1,6	Augen und Nase gereizt
0,1	Reizung der oberen Atemwege, darüber Stechen und Brennen in den Augen, Husten, Atemnot
10-20	nach wenigen Minuten starker Tränenfluss
30	Lebensgefahr, toxisches Lungenödem, Pneumonie
Darüber hinausgehende gesundheitliche Wirkungen:	
Kontaktallergien und Hautausschläge	
Lungenfunktionsstörungen	
Verstärkende Wirkung auf Bronchial-Asthma	
Verdacht auf krebserzeugende Wirkung (in MAK-Werte Liste kategorisiert unter III B)	
Allergisierende Wirkung über den Luftweg	

Ab dem Konzentrationsbereich von 1 mg/m^3 ⁶ sind irritative Erscheinungen (z.B. Augenreizungen) wahrnehmbar, darunter hängt die gesundheitliche Wirkung stark von der Empfindlichkeit der betreffenden Person ab. Reizungen der Atemwege, sowie leichtes Stechen in Nase und Rachen sind in jedem Fall ab Konzentrationen von $2,5 \text{ mg/m}^3$ zu erwarten. Hinsichtlich der chronischen Toxizität werden eine sensibilisierende Wirkung auf den Atemtrakt aber ebenso auf Grund von Tierversuchen ein krebserregendes Potenzial diskutiert. Auch eine allergisierende Wirkung über den Luftweg wird diskutiert (Wantke et al. 1996, Wantke et al. 2000).

⁶ 1 ppm entspricht bei Formaldehyd $1,2 \text{ mg/m}^3$ Luft.

2.2.2.3 Richt- und Orientierungswerte

Tab. 2.3: Richtwerte für Formaldehyd

Formaldehyd	Raumlufkonzentration		Bemerkungen
	[ppm]	[mg/m ³]	
Produktsicherheitsbeirat des BM für Familie, Jugend und Konsumentenschutz (1985)	0,10	0,12	Grenzwertempfehlung für Innenräume, die nicht als Arbeitsplatz dienen
Wirkungsbezogene Immissionsgrenzkonzentration – WIK (BMUJF 1997)	0,04	0,05	Grenzkonzentration zum Schutz der menschlichen Gesundheit, auch für besonders empfindliche Gruppen
Weltgesundheitsorganisation WHO	0,083	0,10	30´Richtwert (WHO 2000a)
	0,05	0,06	level of no concern (WHO 1983)
Bundesgesundheitsamt Deutschland (BGA 1977, BGA 1984)	0,10	0,12	Richtwert auch unter ungünstigen Bedingungen einzuhalten

Im Folgenden werden die einzelnen Richtwerte erklärt.

Grenzwertempfehlung Produktsicherheitsbeirat

Der Produktsicherheitsbeirat des Bundesministeriums für Familie, Jugend und Konsumentenschutz hat in Vollziehung des Produktsicherheitsgesetzes 1985 einen Grenzwert für Innenräume, die nicht als Arbeitsplätze dienen, von 0,1 ppm Formaldehyd in der Raumluf empfohlen (Produktsicherheitsbeirat BMFJK1985).

Wirkungsbezogene Immissionsgrenzkonzentrationen WIK

Wirkungsbezogene Immissionsgrenzkonzentrationen (WIKs), die von der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Kommission Reinhaltung der Luft erarbeitet wurden, bilden eine Basis, um die menschliche Gesundheit, auch für besonders empfindliche Gruppen, vor schädlichen Einflüssen zu schützen und Beeinflussungen für Gesundheit und Wohlbefinden nach dem derzeitigen Stand des Wissens zu vermeiden (BMUJF 1997). Obwohl direkte Beweise für den Einfluss von Formaldehyd auf die Krebsentstehung beim Menschen fehlen, erscheint es den Autoren plausibel, den aus Tierversuchen belegten NOEL (no observed effect level) von 2 ppm für Formaldehyd auch auf den Menschen zu übertragen. Bei Einhaltung der Immissionsgrenzkonzentration von 0,04 ppm ist insbesondere aufgrund der neueren Modelle anzunehmen, dass auch Krebserkrankungen bei Langzeiteinwirkung vermieden werden.

Richtwert deutsches Bundesgesundheitsamt

Das deutsche Bundesgesundheitsamt hat 1977 und 1984 einen Richtwert von 0,1 ppm für maximale Immissionskonzentrationen in Innenräumen empfohlen, der auch unter ungünstigen Bedingungen einzuhalten ist (BGA 1977, BGA 1984). Dieser Wert dient in vielen Fällen als Interventionswert.

Richtwert Weltgesundheitsorganisation (WHO)

Die Weltgesundheitsorganisation legte in den aktuellen Air Quality Guidelines for Europe einen Richtwert von $0,1 \text{ mg/m}^3 = 0,083 \text{ ppm}$ als Halbstundenmittelwert fest (WHO 2000a). Eine ältere Publikation der WHO definierte einen "level of no concern" von $0,06 \text{ mg/m}^3 = 0,05 \text{ ppm}$, unter dem Gesundheitsschäden unwahrscheinlich sind (WHO 1983).

2.2.3 Organische Verbindungen

2.2.3.1 Allgemeine Eigenschaften und Vorkommen

Organische Verbindungen können aufgrund ihres Siedepunktes grob in sehr flüchtige organische Verbindungen (VVOC = Very Volatile Organic Compounds), flüchtige organische Verbindungen (VOC = Volatile Organic Compounds) und mittelflüchtige organische Verbindungen (SVOC = Semivolatile Organic Compounds) eingeteilt werden. Nachdem auch andere Definitionen bestehen, hängt es bei bestimmten Substanzen von der Definition ab, ob die Substanz zu den VOC gezählt werden kann oder nicht.

Flüchtige organische Verbindungen umfassen laut European Collaborative Action (ECA 1997) organische Verbindungen, die im analytischen Fenster im Elutionsbereich zwischen C_6 (n-Hexan) und C_{16} (n-Hexadecan) detektierbar sind. Die Definition der ECA spiegelt in etwa den Bereich der Substanzen wieder, der von einer WHO Working Group (WHO 1989) als VOC bezeichnet wird (siehe untenstehende Tabelle). Die Einbeziehung der Spalte "Probenahmetechnik" in die Tabelle soll unterstreichen, dass die Definition nicht ohne die verfügbaren analytischen Möglichkeiten gesehen werden darf.

Tab. 2.4: Klassifizierung organischer Substanzen (nach WHO 1989)

Kategorie	Abkürzung	Siedebereich in °C	Probenahmetechnik
Very volatile (gaseous) organic compounds	VVOC	< 0 bis Bereich 50-100	Gasmaus oder Kanister, Adsorption an PDMS
Volatile organic compounds	VOC	Bereich 50-100 bis Bereich 240-260	Adsorption an Tenax, graphitiertem Kohlenstoff oder Aktivkohle, PDMS
Semivolatile organic compounds	SVOC	Bereich 240-260 bis Bereich 380-400	Adsorption an PU-Schaum oder XAD-2
Organic compounds associated with particulate matter or particulate organic matter	POM	> 380	Probenahme mit Filtern

In anderen Bereichen existieren davon abweichende Definitionen für VOC, die ein überlappendes, aber insgesamt anderes Substanzspektrum ergeben.

Flüchtige organische Verbindungen werden in Innenräumen vor allem in organischen Lösungsmitteln, Klebern, Schäumen und bestimmten Kunststoffen eingesetzt und von diesen Materialien auch an die Raumluft abgegeben. Materialien der Innenausstattung, Möbel sowie Bautenlacke können als Hauptquellen von VOCs in Innenräumen angesehen werden. Organische Lösungsmittel für Kleber, Farben und Lacke sind dabei in der Regel Gemische aus

Toluol, verschiedenen Estern, Xylole und Alkoholen, daneben können diverse andere aliphatische und aromatische Verbindungen enthalten sein.

Die VOC-Emissionen von neu in einen Raum gebrachten Materialien, Anstrichstoffen oder Einrichtungsgegenständen verringern sich im Laufe der Zeit. In den letzten Jahren hat sich das VOC-Substanzspektrum in Innenräumen verändert. Mit dem zu beobachtenden Ersatz leichter flüchtiger Lösungsmittel durch höher siedende Stoffe verlängert sich die Zeitspanne, während welcher mit relevanten Emissionen zu rechnen ist. Wie lang die jeweilige Zeitspanne im Einzelnen ist, hängt vom Charakter der einzelnen Verbindung und den räumlichen Bedingungen, hauptsächlich von der Lüftungsintensität, aber auch von der Raumtemperatur ab.

Die Gruppe der VOCs umfasst in der Hauptsache die folgenden Verbindungsklassen: Aromatische Kohlenwasserstoffe; Aliphatische und Cycloaliphatische Kohlenwasserstoffe; Alkohole, Ketone, Ester; Isoprenoide; Aldehyde; Phthalate; Siloxane und mikrobiell verursachte flüchtige organische Verbindungen. Im folgenden werden die verschiedenen Verbindungsklassen kurz charakterisiert.

2.2.3.2 Aromatische Kohlenwasserstoffe

Als aromatische Kohlenwasserstoffe bezeichnet man die Abkömmlinge der einfachsten aromatischen Verbindung Benzol. Die Substanz Benzol selbst wird als Lösungsmittel nicht mehr verwendet. Als Verunreinigung kann es jedoch in Toluol und anderen Lösungsmitteln enthalten sein.

Aromaten wie Toluol, Ethylbenzol oder Xylole werden hauptsächlich in Nitro- und Kunstharzlacken als Verdünner eingesetzt. Auch bestimmte Dispersionskleber für Bodenbeläge können aromatische Lösungsmittel enthalten. Durch die Vorgaben der Österreichischen Lösungsmittelverordnung wurde die Verwendung aromatenhaltiger Rezepturen im Bau- und Renovierungsbereich im letzten Jahrzehnt stark eingeschränkt, eine gewisse Bedeutung als Quelle in Innenräumen haben heute noch höhersiedende Aromaten in Bitumenanstrichen. Styrol, eine Substanz mit charakteristischem Geruch, wird vor allem nach der Aufbringung von Feuchtigkeitsabdichtungen auf Polyesterbasis nachgewiesen.

Aromatische Lösungsmittel, vor allem Toluol, sind aufgrund ihrer vielfältigen Anwendung im Bereich der Bauprodukte und Materialien der Inneneinrichtung in nahezu jeder Innenraumluft nachweisbar.

2.2.3.3 Aliphatische und Cycloaliphatische Kohlenwasserstoffe

Aliphatische Kohlenwasserstoffe ist die Bezeichnung für eine Gruppe von chemisch relativ stabilen Chemikalien, die häufig als Verdünner für Farben, Lacke und Öle eingesetzt werden. Aliphatische Kohlenwasserstoffe besitzen einen relativ hohen mittleren Geruchsschwellenwert.

Diesel- und Heizöl setzen sich zum Großteil aus einer charakteristischen Mischung geradkettiger und verzweigter aliphatischer Kohlenwasserstoffe im Siedebereich von etwa C9-C14 zusammen. Bei nicht vollständiger lufttechnischer Trennung zwischen Räumen mit Heizöltanks (bzw. Garagen mit Dieselöltanks, undichten Fahrzeugtanks etc.) und Innenräumen kann die mit Heiz- oder Dieselöl belastete Luft zu einer relevanten Quelle werden. Relativ hohe Konzentrationen an Aliphaten in der Raumluft treten auch nach Lecks von Heizölleitungen auf. Durch die relativ niedrige Geruchsschwelle von Verunreinigungen des Heiz- oder Dieselöls können jedoch Kontaminationen der Raumluft schon in relativ niedrigen Konzentrationen geruchlich wahrgenommen werden.

Isoaliphatische Lösungsmittel (Isoparaffine) weisen in ihrer Molekülkette im Unterschied zu den geradkettig aufgebauten n-Alkanen Verzweigungen auf. Iso-Aliphaten sind Substanzgemische, deren genaue Zusammensetzung nicht bis ins Detail bekannt ist. Charakteristisch für die Iso-Aliphaten ist die große Variationsbreite der in den Gemischen vorkommenden Verbindungen mit gleicher Kohlenstoffzahl, da einer einzigen Summenformel eine Vielzahl von Isomeren mit unterschiedlichen chemischen und physikalischen und auch toxikologischen Eigenschaften zuzuordnen ist. Iso-Aliphaten werden von einigen Naturprodukte-Herstellern anstelle von Terpenkohlenwasserstoffen als Lösungsmittel verwendet. Als Begründung wird von den Herstellern ein gegenüber den Terpenen geringeres allergenes Potenzial und geringere Toxizität der Iso-Aliphaten angeführt.

Aufgrund der fehlenden Quellen in der Außenluft sind aliphatische Verbindungen in unbelasteten Räumen in geringeren Konzentrationen als aromatische Kohlenwasserstoffe in der Innenraumluft nachweisbar.

Die wichtigste Verbindung aus der Gruppe der Cycloaliphaten dürfte die Substanz Cyclohexan sein, das als Lösungsmittel für Lacke und andere Anstrichmittel verwendet wird. Daneben sind auch Methylcyclohexan und Methylcyclopentan zu nennen, da diese Substanzen in vielen Erdölprodukten, die im Baubereich verwendet werden, enthalten sind und dadurch in relevanten Konzentrationen in der Innenraumluft detektiert werden (Pluschke 1996).

2.2.3.4 Alkohole, Ketone, Ester

Diese Substanzgruppen sind in vielen lösungsmittelhaltigen Zubereitungen enthalten. Alkohole wie Isobutanol werden als Lösungsmittel und zur Verbesserung der Verlauffähigkeit und des Glanzes in konventionellen Kunstharzlacken (z.B. Alkydharzlacken) und aufgrund ihrer Wasserlöslichkeit zunehmend in wässrigen Lacksystemen, Wandfarben und Bodenbelagsklebern eingesetzt. Die Substanz Methylethylketon (MEK) und Cyclohexanon findet man als häufigen Bestandteil von Lösungsmitteln. Ethylacetat und Butylacetat gehören zur Gruppe der Essigsäureester und werden als Lösungsmittel z.B. für Polyurethanlacke sowie in UV-gehärteten Lacksystemen eingesetzt. Die Substanzen Benzophenon und Cyclohexanon finden sich als Sekundäremission aus UV-gehärteten Lacksystemen (Salthammer et al. 1999). Lacke, wie sie z.B. zur Versiegelung von Holzfußböden verwendet werden, enthalten sehr oft leichtflüchtige Essigsäureester. Am häufigsten findet man hier die Substanz n-Butylacetat. Essigsäureester und Ketone sind häufig schon in relativ niedrigen Konzentrationen an ihrem charakteristischen durchdringend-fruchtigen Geruch erkennbar.

Weitere sehr flüchtige Ketone wie Aceton werden in Kosmetika eingesetzt (Nagellackentferner) und spielen in Innenräumen eine untergeordnete Rolle.

Ester und Ether mehrwertiger Alkohole finden sich als Bestandteil lösungsmittelarmer Rezepturen von Wandfarben und sogenannter Wasserlacke, die in zunehmendem Ausmaß eingesetzt werden. Bei den in der Raumluft häufig detektierten Substanzen handelt es sich durchwegs um Glykole, Glykolether und deren Acetate, die teils den VOC und teils der Gruppe der MVOC⁷ zugeordnet werden. Obwohl ihre Vertreter in der Mehrzahl schwerer flüchtig sind als klassische Lösungsmittel, finden sich dennoch relevante Mengen dieser Substanzen in der Raumluft von Innenräumen (Pliening 1998).

⁷ MVOC = Mikrobiell verursachte flüchtige organische Verbindungen

2.2.3.5 Isoprenoide

Isoprenoide sind Stoffe, deren Grundkörper aus Isopren (C_5H_8)-Bausteinen aufgebaut sind. Vertreter sind z.B. Terpene oder Campher.

Als Alternativen zu synthetisch hergestellten Lösungsmitteln werden seit einigen Jahrzehnten in zunehmendem Ausmaß Terpenkohlenwasserstoffe verwendet. Hier ist vor allem das Zitruschalenterpen Limonen zu nennen, das als Lösungsmittel in Naturöl- und Naturharzpräparaten eingesetzt wird. Die Verwendung von Terpentinöl (eine Mischung unterschiedlicher Terpene) als Lösungsmittel ist stark rückläufig, Verbindungen wie α -Pinen, β -Pinen oder Delta-Caren wurden jedoch auch in relevanten Konzentrationen als Abgasung von Nadelholz nachgewiesen (Salthammer und Fuhrmann 1996). In Innenräumen findet man mitunter die einen charakteristischen Geruch aufweisende Substanz Campher, die als Riech- und Geschmacksstoff z.B. in Mottenschutzstreifen sowie in Arzneimitteln enthalten sein kann.

Durch die zunehmende Verwendung von lösungsmittelfreien Klebern können Sesquiterpene, die in diesen Produkten enthaltenen sind, in erhöhten Konzentrationen in der Innenraumluft vorliegen.

Neben den genannten Substanzen existieren noch eine Reihe weiterer Isoprenoide, die in zahlreichen Produkten in Innenräumen als Duftölbestandteil enthalten sind und zum Teil von den NutzerInnen bewusst freigesetzt werden.

2.2.3.6 Aldehyde

Aldehyde nehmen insofern eine Sonderstellung unter den in Innenräumen vorkommenden flüchtigen Verbindungen ein, da für die in der Raumluft nachgewiesenen höheren Aldehyde in der Regel keine primären Quellen existieren. Aldehyde entstehen vor allem im Raum selbst als Reaktionsprodukte von in Baustoffen und Materialien der Inneneinrichtung enthaltenen Substanzen. Beispiele dafür sind die Entstehung von höheren Aldehyden aus Alkydharzlacken oder aus Produkten, die Leinöl enthalten wie z.B. ölhältige Imprägnierungen oder Linoleum (Jensen et al. 1993). Der häufigste in Innenräumen gefundene höhere Aldehyd ist Hexanal. Höhere Aldehyde besitzen einen relativ niedrigen Geruchsschwellenwert.

Der einfachste Aldehyd, Formaldehyd, gehört laut WHO-Definition zu den $VVOC$ und wird wegen seiner raumlufthygienischen Bedeutung in der Regel eigens abgehandelt (siehe Kapitel 2.2.2). Weitere sehr flüchtige Aldehyde wie Acetaldehyd spielen in Innenräumen eine untergeordnete Rolle.

2.2.3.7 Phthalate

Phthalsäureester werden vor allem als Weichmacher eingesetzt. Der wichtigste Vertreter der Phthalate ist die Substanz Di-2-(ethylhexyl)-phthalat (DEHP), die zu den $MVOC$ gerechnet wird. Geringer flüchtige Phthalate wie auch DEHP fallen aufgrund ihres hohen Siedepunktes nicht mehr in die vorgegebene VOC -Definition laut WHO. Neben DEHP werden Di-n-butylphthalat (DBP) sowie Butylbenzylphthalat und Diethylphthalat in Bauprodukten eingesetzt (B.A.U.C.H. 1991). Der Haupteinsatzbereich von Phthalsäureestern sind Produkte aus Weich-PVC wie Bodenbeläge und Tapeten.

2.2.3.8 Siloxane

Ein relativ neuer Rezepturbestandteil in speziellen Lacken (z.B. für Möbeloberflächen) sind flüchtige organische Siliciumverbindungen vom Siloxan-Typ. Sie werden unter anderem als Additive zur Verminderung der Grenzflächenspannung, zur Verbesserung des Verlaufs und der Pigmentnetzung sowie zur Erhöhung der Kratzfestigkeit eingesetzt. Siloxane besitzen

einen sehr hohen Geruchsschwellenwert, dies prädestiniert sie für eine immer stärkere Verwendung als Bestandteil von in Innenräumen eingesetzten Rezepturen.

Flüchtige Siloxane in der Innenraumluft kommen zum Teil in erheblichen Konzentrationen (bis $> 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) vor. Die Siedepunkte der in der Regel in Raumluft nachgewiesenen zyklischen Methyl-Siloxane liegen zwischen ca. 170°C und über 220°C . Es handelt sich um methylierte Cyclotri-, Cyclotetra- und Cyclopentasiloxane. In den meisten Untersuchungen, in denen Konzentrationen flüchtiger organischer Verbindungen in Innenräumen bestimmt wurden, wurde diese Substanzgruppe nicht berücksichtigt. Eine Bewertung anhand von statistisch ermittelten Durchschnitts- oder Perzentilwerten ist daher derzeit nicht möglich.

2.2.3.9 Mikrobiell verursachte flüchtige organische Verbindungen (MVOC)

Als MVOC-Verbindungen (Microbial Volatile Organic Compounds) bezeichnet man die organischen Stoffwechselprodukte von Mikroorganismen, vor allem von Schimmelpilzen (Keller 1998a). Aufgrund ihrer geringen Geruchsschwelle lassen sich zahlreiche MVOCs geruchlich wahrnehmen.

Ob sich MVOCs als Indikatoren zur Beurteilung für das Vorliegen von mikrobieller Aktivität bzw. eines Schimmelwachstums eignen, wird derzeit kontroversiell diskutiert (Schleibinger et al. 2004). Es wird angenommen, dass einige dieser Verbindungen für Schimmelpilze spezifisch sind, manche von Schimmelpilzen abgegebenen Verbindungen gleichen jedoch Substanzen, wie sie auch von Baumaterialien und Einrichtungsgegenständen emittiert werden. MVOC-Verbindungen kommen in der Innenraumluft in der Regel in deutlich geringeren Konzentrationen vor als Lösungsmittelbestandteile, es ist daher für deren Nachweis unter Umständen eine spezielle Probenahme und Analytik notwendig (siehe auch Kapitel 2.3.3 über Schimmelpilze).

2.2.3.10 Reaktive Substanzen, Sekundärprodukte

Aus der Außenluft über den Luftaustausch in Innenräume eingetragene Verbindungen wie Ozon und freie Radikale können in der Gasphase oder in Materialoberflächen mit anderen reaktiven Stoffen reagieren und neue Verbindungen erzeugen. Art und Menge dieser so genannten sekundären Emissionsprodukte sind von den Vorläufersubstanzen und den klimatischen Parametern abhängig. Zahlreiche im Innenraum gebräuchliche Produkte emittieren darüber hinaus herstellungsbedingt reaktive Verbindungen oder Sekundärprodukte (Salthammer 2000). Solche Verbindungen können schon in niedrigen Konzentrationen durch ihre Geruchsintensität oder ihre irritative Wirkung das menschliche Wohlbefinden negativ beeinflussen (Wolkoff et al. 1997). Es konnte auch nachgewiesen werden, dass durch Oxidationsprodukte des Limonens Effekte am Auge auftreten (Klenø und Wolkoff 2002).

Für den Nachweis dieser Verbindungen ist zum Teil eine über Routinemethoden hinausgehende, spezielle Analytik notwendig, manche in der Innenraumluft vermutete Substanzen können derzeit überhaupt noch nicht charakterisiert werden.

2.2.3.11 Weitere flüchtige organische Verbindungen

Synthetische Wandbeschichtungen und Teppiche sind mitunter eine relevante Quelle für Substanzen mit niedrigem Geruchsschwellenwert wie Vinylcyclohexen oder 4-Phenylcyclohexen sowie weiterer Verbindungen wie trimeres Isobuten (Sollinger und Levsen 1992; Loidl und Pagani 1996). Als Hauptquelle dieser Substanzen stellte sich bei einer österreichischen Untersuchung vor allem die Rückenbeschichtung von Teppichen heraus (Tappler et al. 1994).

Die bis in die neunziger Jahre als Feuchteisolierung verwendeten Teerepoxyanstriche führen neben der Abgasung an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) zu einer Beeinträchtigung der Innenraumlufthqualität durch naphthalinartige Gerüche (Brown et al. 1990). Die für den Geruch verantwortlichen Methylnaphthaline können sowohl der Gruppe der flüchtigen organischen Verbindungen als auch der PAK zugeordnet werden. Ähnliches gilt für die Gruppe der charakteristisch riechenden Chlornaphthaline, die in der Vergangenheit als Holzschutzmittelwirkstoffe eingesetzt wurden.

2.2.3.12 Sehr flüchtige organische Verbindungen (VVOOC)

Als VVOOC werden organische Substanzen mit Siedepunkten unter etwa 50-100°C (WHO 1989) bzw. unter dem Siedepunkt von n-Hexan (ECA 1997) bezeichnet. Die bekanntesten Vertreter sind Butan, Propan und Aceton. Die Konzentrationen der in Bauprodukten enthaltenen VVOOC (meist Lösungsmittelbestandteile) verringern sich in der Regel nach Fertigstellung von Bauarbeiten aufgrund der hohen Flüchtigkeit sehr rasch bis auf nicht mehr relevante Werte.

Diskontinuierlich in höheren Konzentrationen freigesetzte VVOOC im Zuge von Körperpflege (z.B. Aceton als Nagellackentferner), Reinigung (Möbelpolituren) und Hobbytätigkeiten (Lösungsmittel für Klebstoffe) können kurzfristig hohe Konzentrationen an VVOOC in der Innenraumluft verursachen.

2.2.3.13 Mittelflüchtige organische Verbindungen (SVOC)

Als SVOC werden organische Substanzen mit Siedepunkten zwischen etwa 240-260°C und 280-400°C (WHO 1989) bzw. über dem Siedepunkt von n-Hexadecan (ECA 1997) bezeichnet. SVOC liegen zum Teil staubgebunden vor.

Es besteht seitens der Industrie die Tendenz, vermehrt schwerflüchtige organische Verbindungen (SVOC) wie TXIB oder bestimmte Phthalate in Bauprodukten einzusetzen. Es handelt sich dabei meist um Ester und Ether mehrwertiger Alkohole, die sich als Bestandteil lösungsmittelarmer Rezepturen von Wandfarben und so genannter Wasserlacke finden. Bei den in der Raumlufth häufiger detektierten Substanzen handelt es sich durchwegs um Glykole, Glykolether und deren Acetate (Plieninger 1998). Mit dem zu beobachtenden Ersatz leichter flüchtiger Lösungsmittel durch höher siedende Stoffe verlängert sich die Zeitspanne, während der mit relevanten Emissionen zu rechnen ist. Die verwendeten SVOC können zum Teil auch in der Raumlufth längere Zeit nach Anwendung in überraschend hohen Konzentrationen nachgewiesen werden.

2.2.3.14 Gesundheitliche Auswirkungen von organischen Verbindungen

Auswirkungen einzelner organischer Verbindungen (meist VOC) auf die Gesundheit und das Wohlbefinden des Menschen umfassen ein weites Spektrum, das von sensorischen Wahrnehmungen (Gerüche, Reizerscheinungen) bereits bei niedrigen Konzentrationen bis hin zu meist erst bei höheren Konzentrationen auftretenden toxischen Langzeiteffekten reicht. Von besonderer Bedeutung ist die Tatsache, dass es sich bei einem Teil der für niedrigere Konzentrationen angegebenen Effekte um Sinneswahrnehmungen oder andere Wirkungen handelt, die sich der Überprüfung im Tierversuch weitgehend oder vollständig entziehen (BMLFUW 2004b).

VOC-Gemische können bereits in niedrigen Konzentrationen unspezifische Effekte auslösen. Von besonderer Bedeutung ist dabei die Reizung der Schleimhäute der Augen, Nase und Atemwege. Auch Kopfschmerzen, Müdigkeit, Konzentrationsschwäche, Übelkeit, erhöhte Körpertemperatur und andere unspezifische Symptome können auftreten (Molhave 1991).

Molhave (1991) hat auf der Basis von experimentellen Untersuchungen an Probanden Zusammenhänge zwischen der Konzentration eines definierten VOC-Gemisches und Befindlichkeitsbeeinträchtigungen ermittelt. Es fanden sich systematische Beziehungen zwischen der Konzentration der eingesetzten VOC-Mischung als Summenwert und Wirkungen (siehe die folgende Tabelle).

Tab. 2.5: Beziehung zwischen Gesamtkonzentrationen einer VOC-Mischung und Expositionswirkungen nach Molhave (1991)

Summe-VOC Konzentration (mg/m ³)	Wirkungen
< 0,2	Keine Reizwirkung, keine Beeinträchtigung des Wohlbefindens
0,2-3	Bei Wechselwirkung mit anderen Expositionsparametern Reizwirkung oder Beeinträchtigung des Wohlbefindens
3-25	Reizwirkung und/oder Beeinträchtigung des Wohlbefindens, bei Wechselwirkung mit anderen Expositionsparametern können Kopfschmerzen auftreten
> 25	Kopfschmerzen und weitere neurotoxische Wirkungen möglich

Neben der direkten gesundheitlichen Wirkung von organischen Verbindungen können Sekundärverbindungen in der Innenraumluft (z.B. schleimhautreizende Substanzen aus Terpenen durch Oxidation mit Luftsauerstoff) entstehen (Wolkoff et al. 1999). Ähnliche Reaktionsmechanismen sind aufgrund der chemischen Doppelbindungen auch bei Leinöl oder Latex zu erwarten.

2.2.3.15 Richt- und Orientierungswerte für organische Verbindungen

In einer vom Umweltministerium und der österreichischen Akademie der Wissenschaften herausgegebenen Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft werden Richtwerte für die Innenraumluft festgelegt (BMLFUW 2004b, AK-Innenraumluft 2004a). Die angegebenen österreichischen Richtwerte werden in der Regel als wirkungsbezogene Innenraumrichtwerte (WIR) definiert, wobei ein WIR jene Konzentration darstellt, bei dessen Unterschreitung gemäß dem derzeitigen Wissensstand mit keiner schädigenden Wirkung zu rechnen ist.

Für Tetrachlorethen (auch PER oder TCE) ist der WIR mit 250 µg/m³ als 7-Tages-Mittelwert festgelegt (BMLFUW 2004b). Bei Überschreitung dieses Wertes sind Maßnahmen einzuleiten, die nach dem Stand der Technik geeignet sind, eine Reduktion der Raumluftkonzentration herbeizuführen. Der WIR für Styrol beträgt 40 µg/m³ als 7-Tages-Mittelwert. Bei Unterschreiten des Wertes von 10 µg/m³ Styrol bei einer Kurzzeitmessung unter worst-case Bedingungen wird davon ausgegangen, dass auch der WIR unterschritten ist. Eine Langzeitmessung ist dann nicht erforderlich.

Für die Substanz Toluol aus der Gruppe der aromatischen Kohlenwasserstoffe existiert zur Zeit erst ein Richtwertvorschlag. Darin wird ein WIR von 75 µg/m³ als Halbstunden-Mittelwert festgesetzt (AK-Innenraumluft 2004a).

Für die krebserregende Substanz Benzol werden keine wirkungsbezogenen Grenzkonzentrationen, sondern nur Werte zur Begrenzung des Krebsrisikos angegeben. In den Luftqualitätskriterien VOC wird ein Aktionswert von 10 µg/m³ und ein Zielwert von 2,5 µg/m³ jeweils als Jahresmittelwert angegeben (BMUJF 1997). Für Österreich gilt als Immissionsgrenzwert

zum dauerhaften Schutz der Gesundheit ein Jahresmittelwert von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Benzol (Immissionsschutzgesetz-Luft 2001).

Aus kontrollierten Wirkungsstudien mit VOC-Gemischen definierter Zusammensetzung kann geschlossen werden, dass die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Reizwirkungen und Geruchswahrnehmungen mit steigender Gesamtkonzentration des Gemisches, ausgedrückt als VOC-Gesamtkonzentration, zunimmt. Wegen der Variabilität der Zusammensetzung des VOC-Spektrums und der daraus resultierenden Vielfalt möglicher Wirkungsendpunkte lassen sich jedoch keine abgesicherten Dosis-Wirkungs-Beziehungen angeben.

Aufgrund der beschriebenen Einschränkungen der Aussagekraft eines Summenparameters VOC werden in der österreichischen Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft keine Richt-, sondern lediglich Orientierungswerte festgelegt (BMLFUW 2004b). Konzentrationen im Bereich unter etwa $0,3 \text{ mg}/\text{m}^3$ sind als niedrig zu bezeichnen. Konzentrationen zwischen etwa $0,3$ und $0,5 \text{ mg}/\text{m}^3$ sind durchschnittlich. Der geringfügig erhöhte Bereich liegt zwischen etwa $0,5$ und $1 \text{ mg}/\text{m}^3$. Konzentrationen zwischen etwa 1 und $3 \text{ mg}/\text{m}^3$ sind als deutlich erhöht zu bezeichnen. Summenkonzentrationen an VOC über etwa $3 \text{ mg}/\text{m}^3$ werden als stark erhöht bewertet. Mit steigender Konzentration nimmt auch die Wahrscheinlichkeit zu, dass sich spezifische Quellen an VOC in den jeweiligen Innenräumen befinden. Diese Werte haben keinen toxikologischen Hintergrund, sondern spiegeln die in der Praxis auftretenden Konzentrationsbereiche wider.

Tab. 2.6: Österreichische und deutsche Richtwerte für ausgewählte VOC

Substanz	Bezeichnung	Raumluftkonzentration [mg/m ³]	Bemerkungen
Tetrachlorethen (TCE, PER)	WIR – wirkungsbezogener Innenraumrichtwert (BMLFUW 2004b)	0,250	7-Tages Mittelwert
	Grenzwert für Innenräume in Deutschland Bundesimmissionschutzgesetz (1990)	0,1	7-Tages Mittelwert
Styrol	WIR – wirkungsbezogener Innenraumrichtwert (BMLFUW 2004b)	0,040	7-Tages Mittelwert
		0,010	Stunden-Mittelwert, bei Unterschreitung keine 7-Tages Messung nötig
	Dt. Innenraumrichtwert Ad-hoc Arbeitsgruppe der IRK/AGLMB (Sagunski 1998)	0,03	Richtwert I: bei Unterschreitung wird keine Gefährdung angenommen
		0,03-0,3	Zwischenbereich: über das übliche Maß hinausgehende, hygienisch unerwünschte Belastung
		0,3	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf
Toluol	WIR – wirkungsbezogener Innenraumrichtwert (AK-Innenraumluft 2004a)	0,075	Stunden-Mittelwert Vorschlag, noch nicht veröffentlicht
	WIK – wirkungsbez. Immissionsgrenzkonz. (BMUJF 1997)	0,300	Luftqualitätskriterien VOC, Akademie der Wissenschaften, Tagesmittelwert
	Dt. Innenraumrichtwert Ad-hoc-Arbeitsgruppe der IRK/AGLMB (Sagunski 1998)	0,3	Richtwert I: bei Unterschreitung keine Gefährdung
		0,3-3	Zwischenbereich: über das übliche Maß hinausgehende, hygienisch unerwünschte Belastung
		3	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf
Xylole	WIK – wirkungsbez. Immissionsgrenzkonz. (BMUJF 1997)	0,350	Tagesmittelwert
Benzol	Aktionswert (BMUJF 1997)	0,010	Jahresmittelwert

Tab. 2.7: Österreichische und deutsche Richtwerte für ausgewählte VOC, Fortsetzung

Substanz	Bezeichnung	Raumluftkonzentration [mg/m ³]	Bemerkungen
C ₁ -C ₄ -Alkylbenzole	Landesgesundheitsbehörde Hamburg, Deutschland (Sagunski 2004)	0,3	Richtwert I: bei Unterschreitung keine Gefährdung
		0,2-2	Zwischenbereich: über das übliche Maß hinausgehende, hygienisch unerwünschte Belastung
		3	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf
Naphthalin	Landesgesundheitsbehörde Hamburg, Deutschland (Sagunski und Heger 2004)	0,002	Richtwert I: bei Unterschreitung keine Gefährdung
		0,002-0,02	Zwischenbereich: über das übliche Maß hinausgehende, hygienisch unerwünschte Belastung
		0,02	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf
Monochlornaphthalin	Landesgesundheitsbehörde Hamburg, Deutschland (Sagunski 2004)	0,002	Richtwert I: bei Unterschreitung keine Gefährdung
		0,002-0,02	Zwischenbereich: über das übliche Maß hinausgehende, hygienisch unerwünschte Belastung
		0,02	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf
C ₉ -C ₁₄ -Alkane/-Isoalkane	Landesgesundheitsbehörde Hamburg, Deutschland (Sagunski 2004)	1	Richtwert I: bei Unterschreitung keine Gefährdung
		1-10	Zwischenbereich: über das übliche Maß hinausgehende, hygienisch unerwünschte Belastung
		10	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf
Bicyclische Terpene	Deutsche Innenraumrichtwerte Ad-hoc Arbeitsgruppe der IRK/AGLMB (Sagunski und Heinzow 2003)	0,2	Richtwert I: bei Unterschreitung keine Gefährdung
		0,2-2	Zwischenbereich: über das übliche Maß hinausgehende, hygienisch unerwünschte Belastung
		2	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf
Monocyclische Terpene	Landesgesundheitsbehörde Hamburg, Deutschland (Sagunski 2004)	0,2	Richtwert I: bei Unterschreitung keine Gefährdung
		0,2-2	Zwischenbereich: über das übliche Maß hinausgehende, hygienisch unerwünschte Belastung
		2	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf

Tab. 2.8: Österreichische und deutsche Richtwerte für ausgewählte VOC, Fortsetzung

Substanz	Bezeichnung	Raumluftkonzentration [mg/m ³]	Bemerkungen
N-Methylpyrrolidon	Landesgesundheitsbehörde Hamburg, Deutschland (Sagunski 2004)	0,04	Richtwert I: bei Unterschreitung keine Gefährdung
		0,04-0,4	Zwischenbereich: über das übliche Maß hinausgehende, hygienisch unerwünschte Belastung
		0,4	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf
Propanal, Hexanal, Furfural	Landesgesundheitsbehörde Hamburg, Deutschland (Sagunski 2004)	0,002	Richtwert I: bei Unterschreitung keine Gefährdung
C ₂ -C ₆ -Aldehyde	Landesgesundheitsbehörde Hamburg, Deutschland (Sagunski 2004)	1	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf
Dichlormethan	Deutsche Innenraumrichtwerte Ad-hoc Arbeitsgruppe der IRK/AGLMB (Witten, Sagunski und Wildeboer 1997)	0,2	Richtwert I: bei Unterschreitung keine Gefährdung
		0,2-2	Zwischenbereich: über das übliche Maß hinausgehende, hygienisch unerwünschte Belastung
		2	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf
Siloxan D5	Landesgesundheitsbehörde Hamburg, Deutschland (Sagunski 2004)	0,3	Richtwert I: bei Unterschreitung keine Gefährdung
		0,3-3	Zwischenbereich: über das übliche Maß hinausgehende, hygienisch unerwünschte Belastung
		3	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf
MMA	Landesgesundheitsbehörde Hamburg, Deutschland (Sagunski 2004)	0,1	Richtwert I: bei Unterschreitung keine Gefährdung
		0,1-1	Zwischenbereich: über das übliche Maß hinausgehende, hygienisch unerwünschte Belastung
		1	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf
TXIB	Landesgesundheitsbehörde Hamburg, Deutschland (Sagunski 2004)	0,01	Richtwert I: bei Unterschreitung keine Gefährdung
		0,01-1	Zwischenbereich: über das übliche Maß hinausgehende, hygienisch unerwünschte Belastung
		1	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf

Tab. 2.9: Österreichische und deutsche Orientierungswerte für die Bewertung des Summenparameters-VOC

Bezeichnung	Bewertung der Konzentration	Raumluftkonzentration [mg/m ³]	Bemerkungen
Österreichische Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft (BMLFUW 2004b)	Niedrig	< 0,300	keine Richtwerte, keine scharfen Abgrenzungen der Bereiche, keine toxikologische Bewertung, Angabe des Messverfahrens nötig
	Durchschnittlich	0,300-0,500	
	Leicht erhöht	0,500-1,000	
	Deutlich erhöht	1,000-3,000	
	Stark erhöht	> 3,000	
Schleibinger et al. (2002)	Zielwert	< 0,300	keine Definition der Messmethodik, keine toxikologische Bewertung
	Richtwert	1,000	
Deutsche Innenraumrichtwerte Ad-hoc Arbeitsgruppe der IRK/ AGLMB (Seifert 1999)	Hygienischer. Vorsorgebereich	< 0,2-0,3	Richtwerte für TVOC, keine scharfen Abgrenzungen der Bereiche, keine toxikologische Bewertung
	Für dauernd benutzte Räume	< 1-3	
	Nur vorübergehend zumutbar	10-25	

In Deutschland wurden für einzelne Substanzklassen von VOC Richt- und Zielwerte publiziert. Diese Werte stellen jedoch keine toxikologisch abgeleiteten Werte im Sinne von wirkungsbezogenen Innenraumrichtwerten dar.

Tab. 2.10: Ziel- und Richtwerte für Klassen von VOC

Substanzklasse	Richtwerte nach Schleibinger et al. (2002) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Zielwerte nach Schleibinger et al. (2002) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Zielwerte nach Seifert (1990b) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Summe Alkane	200	50	100
Summe Aromaten	200	50	50
Summe Terpene und Sesquiterpene	150	40	30
Summe Chlorierte Kohlenwasserstoffe	20	5	30 (Halogenierte KW)
Summe Aldehyde	120	50	20 (Aldehyde/Ketone)
Summe Ketone	50	20	
Summe Glykolester und -ether	100	20	20 (Ester)
Summe Ester einwertiger Alkohole	50	20	
Summe Alkene	10	5	
Summe Alkohole	50	20	
Andere			50

2.2.4 Biozide

2.2.4.1 Allgemeines

Biozide sind keine homogene chemische Stoffklasse, sondern werden aufgrund ihrer Wirkung zusammengefasst. Zu den wichtigsten gesundheitlich relevanten Verbindungen zählen persistente Verbindungen wie Pentachlorphenol (PCP), Lindan oder DDT.

2.2.4.2 Pentachlorphenol (PCP)

Pentachlorphenol (PCP) ist eine beständige, geruchlose Substanz, die nahezu unlöslich in Wasser ist. Es ist ein starkes Gift für Bakterien, Algen, Pilze und Hefen. Infolgedessen wurde PCP überwiegend als Fungizid für Holz oder Holzprodukte eingesetzt. Weiters fand diese Substanz als Konservierungsmittel bei Dispersionsfarben Verwendung. In Innenräumen ist besonders der Einsatz als Fungizid bei Holz und Holzprodukten relevant. Auch im Latexrücken von Teppichen wurden vereinzelt erhöhte Konzentrationen von PCP nachgewiesen.

PCP wurde mittlerweile in Österreich in allen Anwendungsbereichen wegen seiner akuten und chronischen Toxizität sowie wegen des Gehalts an Dioxinen und Furanen verboten (PCP Verordnung 1991). Trotzdem werden auch noch in Räumen, die vor Jahrzehnten mit solchen Holzschutzmitteln behandelt wurden, hohe Werte von PCP und dem meist gemeinsam verwendeten Lindan nachgewiesen.

PCP lagert sich an Einrichtungsgegenstände, Textilien, Verputz und Hausstaub an, so dass auch nach einer Entfernung der Quelle der Gehalt im Hausstaub hoch bleiben kann. Durch die vielfältige Verwendung von PCP ist diese Substanz im Blut auch von unbelasteten Menschen nachweisbar. Die Substanz kann in den menschlichen Organismus sowohl über die Atemwege als auch über den Verdauungstrakt oder die Haut resorbiert werden.

Die dokumentierten Angaben zu akuten Intoxikationen in der Industrie stammen aus Unglücksfällen. Hierbei findet man das Vorliegen einer Hyperthermie, eines Blutdruckanstieges, Kopfschmerzen, Apathie, Reizzustände an Haut und Schleimhäuten, Gliederschmerzen,

Parästhesien, Akrozyanose, Übelkeit, Bauchschmerzen und Erbrechen. Chronische Intoxikationen können sich in Müdigkeit, Kopfschmerzen, Konzentrationsschwäche, Antriebsschwäche, Schleimhautreizungen, Appetitlosigkeit, Abmagerung, Durchfälle, Gelenk- und Knochenschmerzen, Schlafstörungen, akneförmige Hautveränderung (sog. Chlorakne, durch Dioxin-Verunreinigungen von technischem PCP bedingt), Immunschwäche, häufigen Infektionen, Störung der Blutbildung, Leberschäden, periphere Neuropathien, Depressionen und Hyperpigmentierungen im Gesicht äußern (Engler 1992).

In Einzelfällen traten schwere Erkrankungen bei Holzschutzmittel-AnwenderInnen auf, für die ein ursächlicher Zusammenhang mit PCP aber nicht zu beweisen, allerdings auch nicht zu widerlegen war. Hinter den häufig beschriebenen längerfristigen Krankheitssymptomen wurden unter anderem auch Verunreinigungen, v.a. des technischen PCP durch Polychlorierte Dibenzodioxine und Polychlorierte Dibenzofurane als Auslöser vermutet.

Aus Tierversuchen liegen Hinweise auf kanzerogene Mechanismen vor. Aus diesem Grund wird PCP in der Grenzwerteverordnung in die Gruppe eindeutig krebserzeugender Arbeitsstoffe (Gruppe A2, im Tierversuch krebserzeugend) eingeordnet (Grenzwerteverordnung 2003). Der epidemiologische Nachweis, dass PCP auch beim Menschen bösartige Neubildungen hervorrufen kann, konnte bislang nicht erbracht werden.

2.2.4.3 Lindan

Bei Lindan (Gamma-Hexachlorcyclohexan) handelt es sich um eine umweltstabile Substanz, die früher aufgrund ihrer Wirkung gegen Insekten in Holzschutzmitteln sowie zur Bekämpfung von Ameisen, Motten, etc. eingesetzt wurde. Heute ist Lindan u.a. noch in Präparaten zur Bekämpfung von Kopfläusen enthalten.

Die Belastung etwa der Muttermilch mit Lindan ist in den letzten Jahrzehnten zurückgegangen. In der Innenraumluft liegen die Konzentrationen heute meist unter $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Baudisch und Prösch 2000).

Lindan wirkt (in hohen Dosen) neurotoxisch und schädigt bei chronischer Einwirkung die Leber. Bei Mäusen wurden Lebertumore induziert. Ob Lindan mutagen wirkt, ist umstritten. Weiters wurden u.a. Effekte auf das Immunsystem sowie östrogene Wirkungen beobachtet (Mersch-Sundermann 2001a).

2.2.4.4 Dichlofluanid

Dichlofluanid wurde 1964 als Wirkstoff von Pflanzen- und Holzschutzmitteln eingeführt. Untersuchungen zum Langzeitverhalten sind bisher nicht bekannt. Dichlofluanid wird als Wirkstoff gegen Pilzbefall in Holzschutzmitteln verwendet. Hier ist es einer der am häufigsten eingesetzten bläuewidrigen Wirkstoffe in lösungsmittelhaltigen Präparaten. Es kommt aber auch in Lacken und sonstigen Anstrichmitteln zum Einsatz.

Die akute Toxizität von Dichlofluanid ist (im Tierversuch) gering. Nach Einatmen größerer Mengen sind lokale Reizerscheinungen möglich. Weiters werden unter anderem mutagene und gentoxische Wirkungen diskutiert (Mersch-Sundermann und Kevekordes 2001b). Dichlofluanid ist auch ein Kontaktallergen.

2.2.4.5 Pyrethroide

Pyrethroide (bekanntester Vertreter: Permethrin) sind synthetische Insektizide, die sich vom Pyrethrum, das in den Blüten mehrerer Chrysanthemenarten vorkommt, ableiten. Sie sind umweltstabil und lipophil. Pyrethroide finden sich in Insektensprays, -strips und -steckern, in Entwesungsmitteln, Mitteln gegen Flöhe und Kopfläuse und in Holzschutzmitteln. Weiters

werden Wollteppiche, Textilien und Möbel damit ausgerüstet (Mersch-Sundermann und Kevekordes 2001c). Permethrin kann daher in den meisten Wohnungen im Hausstaub nachgewiesen werden. Pyrethroide werden darüber hinaus auch über Lebensmittel (Rückstände von Pflanzenschutzmitteln) aufgenommen.

Als hochwirksame Nervengifte führen Pyrethroide im Fall von Vergiftungen vor allem zu neurologischen Symptomen. Vermutlich gibt es empfindliche Personen, bei denen schon geringe Konzentration zu Reizungen der Schleimhäute, Augen und der Haut führen (BgVV 2000). Es kann zu Missempfindungen und Taubheitsgefühlen der Haut, gelegentlich zu Benommenheit und Kopfschmerz kommen. Die Symptome gelten im Allgemeinen als reversibel (Otto und von Mühlendahl 2003). Diskutiert werden weiters u.a. kreberzeugende Wirkungen verschiedener Pyrethroide (Mersch-Sundermann und Kevekordes 2001c).

2.2.4.6 DDT (Dichlordiphenyltrichlorethan)

Der chlorierte Kohlenwasserstoff DDT wurde vor 130 Jahren erstmals synthetisiert. 1939 entdeckte der Schweizer Chemiker Müller seine insektizide Wirkung. Damit stand ein billiges Mittel für die Malariabekämpfung zur Verfügung. Knapp 10 Jahre später erhielt Müller dafür den Nobelpreis. Zu diesem Zeitpunkt lagen bereits Berichte über die Gefahren des Mittels für Säugetiere, Fische und Vögel vor.

DDT ist ein Musterbeispiel für eine Substanz, die in der Natur nur langsam abgebaut wird und sich in der Nahrungskette anreichert. Zu den bekanntesten Wirkungen von DDT bzw. seines Metaboliten DDE zählen wohl die Verweiblichung von männlichen Tieren und die Reduktion der Eischalendicke von Vögeln.

Weltweit gesehen kam DDT von 1940 bis 1972 vor allem in der Landwirtschaft zur Anwendung (schätzungsweise 80% der ausgebrachten Menge). In den frühen 70er-Jahren wurde DDT in zahlreichen Industrieländern verboten. In der ehemaligen DDR wurde das DDT- (und Lindan-) hältige Holzschutzmittel Hylotox 59 bis 1989 eingesetzt. Vor allem auf Dachböden wurden – auf Grund der mit dem Mittel imprägnierten Dachstühle – bei Messungen in den 90er Jahren hohe Werte gefunden (bis ca. $4,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ DDT); weiters in Wohnungen, in denen Holzeinbauten oder Möbel mit Hylotox 59 imprägniert worden waren (Konzentrationen bis ca. $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (Baudisch und Prösch 2000).

DDT dürfte auch beim Menschen Einfluss auf die Reproduktion haben (Fruchtbarkeit, Frühgeburtlichkeit, etc.). Ob DDT das Krebsrisiko erhöht, ist umstritten. Beschrieben wurden weiters negative Effekte auf das Immunsystem (z.B. Perez-Maldonado et al. 2004).

2.2.4.7 Polychlorierte Sulfonamid-Diphenylether und Amino-Diphenylether

Polychlorierte Sulfonamid-Diphenylether / Polychlorierte Amino-Diphenylether wurden als insektizide Wirkstoffe in den 80er Jahren z.B. in Schurwollteppichen eingesetzt. Bei diesen Substanzen handelt es sich um schwererflüchtige chlororganische Verbindungen. Polychlorierte Sulphonamid-Diphenylether (PCSD) und polychlorierte Amino-Diphenylether (PCAD) haben abhängig vom Chlorierungsgrad Siedepunkte zwischen 400 und 600°C. PCAD treten dabei als technische Verunreinigungen der PCSD und auch als deren primäres Abbauprodukt auf. In technischen Gemischen weisen PCSD- und PCAD-Moleküle 4 bis 7 Chloratome auf. Zur Toxizität der PCSD und PCAD liegen nur sehr wenige Daten vor. Zur Reproduktionstoxizität, Mutagenität und Kanzerogenität liegen keine substanzspezifischen Angaben vor.

Zur Toxizität von polychlorierten Sulfonamid-Diphenylether-Gemischen liegen ausschließlich Angaben des Herstellers (Fa. BAYER AG) vor (Arguk 2004). Zur akuten Toxizität des Pro-

duktes EULAN® WA neu nennt dieser einen LD₅₀ von 1000 mg/kg. Bezogen auf den Wirkstoff-Anteil von 20% bedeutet dies einen LD₅₀ von 200 mg/kg für das Wirkstoff-Gemisch. Zur chronischen Toxizität des Wirkstoff-Gemisches wird von derselben Quelle ein NOEL von 3 mg/kg Körpergewicht und Tag, ermittelt an Ratten, angegeben.

Zur Toxizität der polychlorierten Amino-Diphenylether liegen keinerlei Daten vor. PCAD stellen allerdings aromatische Amine dar. Aus dieser Stoffgruppe sind bereits einige Substanzen als krebserzeugend eingestuft.

2.2.4.8 Richt- und Orientierungswerte für Biozide

In Deutschland liegt der Richtwert I für Pentachlorphenol bei 0,1 µg/m³ (100 ng/m³), der Richtwert II bei 1 µg/m³ (1000 ng/m³). Für eine Beurteilung der Situation wurden bei bewohnten Gebäuden weitere Untersuchungen (Biomonitoring) gefordert (Ad-hoc Arbeitsgruppe 1997).

Ein älteres Bewertungsschema, das für PCP und Lindan publiziert wurde, kann für die Beurteilung eines Sanierungsbedarfes bzw. zur Festlegung der weiteren Vorgangsweise eingesetzt werden (Blessing und Derra 1992). Bei Raumluftkonzentrationen kleiner 0,1 µg/m³ wird unbelastete Luft angenommen. Bei Werten bis zu 0,25 µg/m³ ergibt sich in der Regel noch kein akuter Handlungsbedarf. Bei Werten zwischen 0,25-0,5 µg/m³ wurde unter Berücksichtigung des Vorsorgeprinzips zumindest ein mittelfristiger Sanierungsbedarf gesehen. Bei Werten zwischen 0,5-1 µg/m³ besteht nach diesem Schema bereits akuter Handlungsbedarf. Werte über 1 µg/m³ führen in der BRD in der Regel zur Schließung von öffentlichen Einrichtungen bis zur erfolgreichen Sanierung. Bei 1 µg/m³ liegt der vom BGA/ Berlin festgelegte Richtwert.

Tab. 2.11: Richtwerte für Pentachlorphenol – Raumluft

PCP	Raumluftkonzentration [µg/m ³]	Bemerkungen
Bundesgesundheitsamt Deutschland (Balfanz et al. 1992)	1	bei Überschreitung Sanierungsbedarf
Ad-hoc Arbeitsgruppe der IRK/AGLMB, Deutschland (Ad-hoc Arbeitsgruppe 1997)	0,1	Richtwert I: bei Unterschreitung keine Gefährdung
	0,1-1	Zwischenbereich: über das übliche Maß hinausgehende, hygienisch unerwünschte Belastung
	1	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf

Für alle weiteren Biozide sind keine allgemein verwendeten Richtwerte für die Raumluft bekannt. Für einige Substanzen wäre ein solcher auch nicht sinnvoll, da es sich um Stoffe handelt, deren Flüchtigkeit gering ist und die sich fast ausschließlich im Hausstaub anlagern (z.B. Permethrin).

Für den Hausstaub, der in der Regel als Sammelmedium für Biozide vor allem bei Screenings herangezogen wird, existieren eine Reihe von Bewertungsvorschlägen.

Für PCP wird von der deutschen Richtlinie für die Bewertung und Sanierung Pentachlorphenol (PCP)-belasteter Baustoffe und Bauteile in Gebäuden ein Wert von 1 mg/kg (Frischstaub) bzw. 5 mg/kg (Altstaub) als Richtwert definiert, bei dessen Überschreitung weitere

Maßnahmen, wie Material- oder Luftuntersuchungen, vorzunehmen sind (PCP-Richtlinie 1997). Bei erhöhten Werten ist eine Holzschutzmittelbehandlung von Holz oder Holzwerkstoffen in den betreffenden Räumen sehr wahrscheinlich. Die vom deutschen Umweltbundesamt (UBA 1998) im sogenannten "Umwelt-Survey" in repräsentativen Wohnungen ermittelten Werte geben einen guten Überblick über durchschnittlich zu erwartende Konzentrationen:

Tab. 2.12: Orientierungswerte Hausstaub Innenraum (UBA 1998)

Substanz	Konzentrationsangaben [mg/kg] 50 Perzentil	Konzentrationsangaben [mg/kg] 90 Perzentil
Pentachlorphenol (PCP)	0,2	1,6
Lindan	< 0,05	0,28
Permethrin	0,17	4,8

Weitere Staubrictwerte wurden als sogenannte AGÖF-Richtwerte publiziert und werden in Deutschland von einer Reihe von Instituten zur Bewertung von Staubkonzentrationen angewendet (AGÖF 2004). Diese Werte haben keinen toxikologischen Hintergrund, geben jedoch die Konzentrationsbereiche an, in denen die in Innenräumen üblicherweise zu messenden Werte liegen.

Die AGÖF-Richtwerte basieren auf statistischer Ableitung und umfassen Hintergrund-, Normal- und Auffälligkeitwerte. Als Hintergrundwert wird dabei das 10 Perzentil der Messwertverteilung verwendet, als Normalwert das 50 Perzentil und als Auffälligkeitwert das 90 Perzentil. Bei diesen sogenannten AGÖF-Orientierungswerten handelt es sich um keine toxikologische Einschätzung, sondern um einen Vergleich mit real in Innenräumen vorkommenden Konzentrationen.

Der "Hintergrundwert" beschreibt einen Zustand, der durch die konsequente Vermeidung von Emissionsquellen erreichbar und deswegen grundsätzlich anzustreben ist. Diese Hintergrundwerte liegen vielfach kleiner gleich der Nachweisgrenze der angewandten Methoden.

Der "Normalwert" stellt die durchschnittliche Belastungssituation des betrachteten Kollektivs dar, die im Allgemeinen auf Quellen im Innenraum zurückgeht. Bei diesen Werten können zwar Innenraumquellen angenommen werden, ein Handlungsbedarf lässt sich daraus üblicherweise jedoch nicht ableiten.

Der "Auffälligkeitwert" beschreibt eine Überschreitung von in Innenräumen üblichen Konzentrationen und legt das Vorhandensein einer Quelle nahe.

Es ist zu beachten, dass bedingt durch die Probenahme die untersuchte Matrix sehr inhomogen sein kann. Es kann weiters nicht ausgeschlossen werden, dass zufällig schadstoffhaltige Materialteile in den Staub gelangen, wodurch die gemessenen Konzentrationen nicht mehr dem Durchschnittswert entsprechen.

Tab. 2.13: AGÖF-Richtwerte für Biozide im Hausstaub, Auswahl (AGÖF 2004)

	Hintergrundwert 10 Perzentil [mg/kg]	Normalwert 50 Perzentil [mg/kg]	Auffälligkeitswert 90 Perzentil [mg/kg]
Organo-Chlor-Pestizide			
Pentachlorphenol (PCP)	< 0,1	0,3	1
γ-HCH (Lindan)	< 0,1	0,1	0,5
Hexachlorbenzol (HCB)	< 0,1	< 0,1	0,1
Chlorthalonil	< 0,1	< 0,1	1,5
Furmecycloxy	< 0,1	< 0,1	0,5
Heptachlor	< 0,1	0,1	0,5
Dichlofluanid	< 0,1	0,1	0,2
Tolyfluanid	< 0,1	0,1	0,2
Endosulfan 1+2	< 0,1	< 0,1	0,5
Summe DDE/ DDD/ DDT	< 0,1	< 0,1	3
Dieldrin	< 0,1	< 0,1	0,1
Tebuconazol	< 0,1	< 0,1	0,1
Heptachlorepoxyd	< 0,1	< 0,1	0,1
Aldrin	< 0,1	< 0,1	1,0
Endrin	< 0,1	< 0,1	0,5
Methoxychlor	< 0,1	0,1	5
Propiconazol	< 0,1	0,1	0,1
Pyrethroide/Pyrethrum			
Allethrin	< 0,5	< 0,5	1
Tetramethrin	< 0,5	< 0,5	1
Phenothrin	< 0,5	< 0,5	1
Permethrin	< 0,5	< 0,5	5
Cyfluthrin	< 0,5	< 0,5	1
Cypermethrin	< 0,5	< 0,5	1
Fenvalerat	< 0,5	< 0,5	1
Deltamethrin	< 0,5	< 0,5	1
Piperonylbutoxyd	< 0,5	< 0,5	1
Organo-Phosphorsäureester			
Chlorpyrifos	< 0,1	0,1	1
Polychlorierte Diphenylether			
PCSD + PCAD ^b	< 0,1	< 0,1	10

2.2.5 Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

2.2.5.1 Eigenschaften und Vorkommen

PAK werden häufig auch als PAH (polycyclic aromatic hydrocarbons) bezeichnet. Die Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffe umfassen weit mehr als 100 Substanzen, deren Moleküle mindestens 2 miteinander verbundene aromatische Ringe aufweisen. PAK finden sich in Abgasen, die bei unvollständiger Verbrennung emittiert werden, weiters etwa in Teer, Autoreifen und Lebensmitteln.

Ende der 90er-Jahre sorgten vor allem in Deutschland alte PAK-haltige Parkettkleber für Besorgnis unter der Bevölkerung und zu entsprechenden Minimierungsbemühungen. Das Vorgehen beim Vorhandensein solcher Klebstoffe ist vom Benzo(a)pyren-gehalt abhängig.

Einen Sonderfall stellen als Feuchteisolierung verwendete Teerepoxyanstriche dar. Neben der Abgasung größerer Mengen an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) kann vor allem der naphthalinartige Geruch zu einer Beeinträchtigung der Innenraumluftqualität führen (Brown et al. 1990). Ähnliche Probleme bereiten Bitumenanstriche, die aromatenhaltiges Testbenzin als Lösungsmittel enthalten und durch Depotwirkungen zu einer oft monatelangen Kontamination der Innenraumluft führen können.

2.2.5.2 Gesundheitliche Auswirkungen

PAK mit höherem Siedepunkt sind größtenteils an unlösliche Partikel gebunden, überwiegend an Ruß. Diese Partikel sind meist so klein, dass sie bis in die letzten Verzweigungen der Atemwege (Alveolen) gelangen können. Die den Teilchen anhaftenden PAK können in der Lunge abgelöst und dort chemisch verändert werden. Erst durch diese Metabolisierung entstehen aus den aufgenommenen Verbindungen die eigentlichen krebserzeugenden Stoffe.

Die mit Abstand wichtigste biologische Wirkung einer Reihe von PAK ist das kanzerogene Potenzial. Dieses variiert innerhalb dieser Stoffgruppe. Es reicht von "nicht nachweisbar" (Benzo[e]pyren) bis zu "sehr stark" (Benzo[a]pyren). Der Wirkungsmechanismus ist bisher noch nicht ausreichend bestimmt, so dass der große Unterschied in der kanzerogenen Potenz trotz der chemischen Strukturähnlichkeit nicht erklärt werden kann.

Abgas mit hoher PAK-Konzentration hat bei beruflich Exponierten (u.a. Doll et al. 1972, Manz et al. 1982) sowie bei Ratten und Mäusen nach Inhalation dosisabhängig Lungentumore erzeugt. Anzumerken ist in dieser Hinsicht, dass Abgase (z.B. Dieselmotorenabgas) auch andere kanzerogene Komponenten enthalten und die PAK-Fraktion keineswegs den größten Teil der kanzerogenen Potenz des Verbrennungsgemisches repräsentiert.

Nach intensivem Hautkontakt mit PAK enthaltenden Gemischen wurde beim Menschen und bei Versuchstieren häufig eine kanzerogene Wirkung beobachtet (Pott und Heinrich 1993). Aus verschiedenen Tierexperimenten geht hervor, dass die in der Lunge und auf der Haut kanzerogen wirkenden PAK auch auf andere Gewebe krebserzeugend wirken, dies allerdings mit unterschiedlicher Stärke. Auch eine systemische Wirkung scheint vorzuliegen (Pott und Heinrich 1993).

Eine Reihe von PAK werden in der MAK-Werte Liste der Grenzwertverordnung 2003 als im Tierversuch krebserzeugend angeführt. Benzo(a)pyren (BaP) wird von der International Agency for Research against Cancer (IARC 1987) als "wahrscheinliches Humankarzinogen" eingestuft.

Ältere Parkettkleber auf Teerbasis enthielten große Anteile an PAK. Diese Kleber können nun brüchig werden und gerade bei schadhaftem Parkett zu einer erhöhten Belastung im Hausstaub führen. Zum Glück liegt die meiste Belastung in Form gröberer, nicht atembare Körner vor (Heudorf und Angerer 2000). Auch für andere Anwendungen (z.B. Fliesen) wurden Kleber auf Teerbasis eingesetzt.

2.2.5.3 Richt- und Orientierungswerte für Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe

Allgemein gültige Bewertungsmaßstäbe für PAK in der Innenraumluft sind nicht bekannt. Zur Bewertung einer Raumlufbelastung können Hintergrundwerte dienen, die in unbelasteten Räumen gemessen wurden.

Die Hamburger Gesundheitsbehörde betrachtet das im Tierversuch als krebserregend nachgewiesene Benzo(a)pyren als Leitsubstanz für die polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe.

Tab. 2.14: Richtwerte für Benzo(a)pyren – Raumluf

Benzo(a)pyren	Raumlufkonzentration [ng/m ³]	Bemerkungen
Landesgesundheitsbehörde Hamburg, Deutschland (Sagunski 2004)	5	Richtwert I: bei Unterschreitung keine Gefährdung
	5-50	Zwischenbereich: über das übliche Maß hinausgehende, hygienisch unerwünschte Belastung
	50	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf

2.2.6 Polychlorierte Biphenyle (PCB)

2.2.6.1 Eigenschaften und Vorkommen

PCB ist die Abkürzung für Polychlorierte Biphenyle (Chlorbiphenyle), eine Verbindungsklasse $C_{12}H_{(10-n)}Cl_n$, Molekulargewicht 189–499 (je nach Chlor-Gehalt), die theoretisch aus 209 Isomeren und homologen Vertretern (Kongeneren) besteht. Diese können nach Ballschmiter und Zell mit der sog. BZ-Nummer charakterisiert werden. Daneben existiert für das Handelsprodukt Aroclor eine vierziffrige Kennzahl. In der Praxis handelt es sich meist um schwer trennbare Gemische mit einem Chlor-Gehalt von ca. 30-60%, die bei Einwirkung von elementarem Chlor auf Biphenyl unter der katalytischen Wirkung von Eisen oder Eisenchlorid entstehen (Römpp 1995).

Von den theoretisch möglichen 209 Kongeneren wurden ungefähr 130 in kommerziellen Produkten eingesetzt. PCB-hältige Materialien wurden vor allem für Außenfugen von Betonplattenbauten, in bestimmten Wandfarben, jedoch auch als Dehnungsfugen, beim Einbau von Fenstern und Türen in Innenräumen und in Lacken eingesetzt. Der Gesamtanteil von PCBs kann bis zu 30% betragen, wobei besonders durch die flüchtigeren Kongenere hygienisch bedeutsame Konzentrationen in der Innenraumluf entstehen. Die hohe Beständigkeit von Polychlorierten Biphenylen führt in der Umwelt zu ubiquitären Kontaminationen, es kommt weiters zur Akkumulierung im Körper von Lebewesen.

2.2.6.2 Gesundheitliche Auswirkungen

Polychlorierte Biphenyle zählen wie die Dioxine, Furane, DDT und andere chlororganische Verbindungen zu den persistenten Umweltgiften. Daher stellen sie noch immer ein Problem dar, obwohl ihre Anwendung schon seit vielen Jahren verboten ist.

Als Hauptquelle der PCB-Belastung des Menschen ist die Nahrung anzusehen. Die Belastung ist jedoch rückläufig. In der Innenraumluft dominieren im Allgemeinen niedriger chlorierte PCB, diese Belastungen werden mehrheitlich für weniger bedenklich angesehen als die durch höher chlorierte PCB aus der Nahrung. Der Grund dafür ist, dass sich niedrig chlorierte Kongenere weniger stark im Körper anreichern (Kommission "Human-Biomonitoring" 2003). Generell ist die gesundheitliche Bewertung der PCB-Gemische in der Raumluft derzeit noch umstritten.

Die akute Toxizität von PCB-Gemischen ist relativ gering. Erkennbare Effekte werden erst nach längerer Belastung sichtbar. Die vielfältigen Symptome chronischer Vergiftungen beim Menschen wurden bekannt, als 1968 im japanischen Yusho über 10.000 Personen versehentlich kontaminiertes Reisöl (enthielt PCB und PCDF⁸) verzehrt haben. Die tägliche Aufnahme entsprach ca. 160 µg PCB/kg Körpergewicht und ca. 0.9 µg PCDF/kg Körpergewicht über einen Zeitraum zwischen 20 und 190 Tagen (Zimmermann und Schlatter 1995). Es traten unter anderem Veränderungen der Haut wie Chlorakne, Ödeme der Augenlider und Hyperpigmentierungen, Störungen des Immunsystems sowie Veränderungen des Thymus, der Milz und der Leber auf. Desweiteren kam es zu verschiedenen Fortpflanzungsstörungen.

Einige epidemiologische Untersuchungen an beruflich exponierten Personen und Yusho-Patienten weisen im Zusammenhang mit PCB-Exposition auf eine kanzerogene Wirkung beim Menschen hin (WHO 1993).

Gegenwärtig ist von dem Verdacht auszugehen, dass hohe Dosen an PCB die Entstehung von Tumoren fördern könnten. Daher wird PCB von der deutschen MAK-Werte-Kommission als krebserregend eingestuft. Ebenso liegt laut IARC (1987) eine begrenzte Evidenz für PCB als Humankarzinogen und ausreichende Evidenz für Karzinogenität im Tierversuch vor.

Bei chronischer Belastung können auch niedrige Dosen von PCB diverse toxische Effekte hervorrufen. Die toxikologische Bewertung von PCB ist auch deshalb schwierig, da die Gemische meist mit Furanen und Dioxinen verunreinigt sind.

2.2.6.3 Richt- und Orientierungswerte für Polychlorierte Biphenyle

Raumluftkonzentrationen bis 300 ng/m³ werden vom deutschen Bundesgesundheitsamt (BGA) als unbedenklich angesehen (Vorsorgewert). Bei Konzentrationen zwischen 300 und 3000 ng/m³ sollte nach BGA-Empfehlung die Quelle der Raumluftverunreinigung aufgespürt und nach Möglichkeit beseitigt werden oder zumindest eine Verminderung der PCB-Konzentration angestrebt werden (Lukassowitz 1990). Der Zielwert einer Sanierung liegt bei weniger als 300 ng/m³. Konzentrationen größer 3.000 und kleiner 10.000 ng/m³ stellen nach Ansicht des BGA noch kein konkretes Gesundheitsrisiko dar. Es wurde jedoch empfohlen, bei derartig hohen Belastungen Sofortmaßnahmen zur Expositionsminderung durchzuführen (Roskamp 1992).

⁸ PCDF = Polychlorierte Dibenzofurane

Die einschlägigen PCB-Richtlinien der ARGEBAU (1994) sowie der einzelnen Bundesländer in Deutschland⁹, die unter anderem Konzentrationsgrenzen zur Bewertung der PCB-Belastung in Innenräumen und Dringlichkeitsempfehlungen von Sanierungsmaßnahmen enthalten, orientieren sich ebenfalls an den oben genannten Richtwerten. Die PCB-Richtlinie von Nordrhein-Westfalen schätzt Konzentrationen über 3.000 ng/m³ im Unterschied zu anderen Richtlinien so ein, dass akute Gesundheitsschäden nicht auszuschließen sind.

Tab. 2.15: Richtwerte für PCB – Raumluft

PCB	Raumluftkonzentration [ng/m ³]	Bemerkungen
Deutsches Bundesgesundheitsamt (Lukassowitz 1990, Rosskamp 1992)	< 300	unbedenklich
	300-3000	Quelle der Raumluftverunreinigung soll aufgespürt und nach Möglichkeit beseitigt werden, es ist zumindest eine Verminderung der PCB-Konzentration anzustreben
	> 3000	Sofortmaßnahmen zur Expositionsmin- derung

2.2.7 Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/PCDF)

2.2.7.1 Eigenschaften und Vorkommen

Als Hauptquelle von Polychlorierten Dibenzodioxinen und -furanen (Dioxine und Furane – PCDD/PCDF) in Innenräumen werden Verunreinigungen der dort in Bauprodukten eingesetzten Polychlorierten Biphenyle (PCB) sowie Verunreinigungen des Holzschutzmittels Pentachlorphenol (PCP) betrachtet (Blessing und Derra 1992).

2.2.7.2 Gesundheitliche Auswirkungen

Prinzipiell können Dioxine und Furane eine Reihe toxischer Effekte auslösen: Als Leitsymptom der Dioxinintoxikation gilt die sogenannte Chlorakne (akneartige Hyperkeratose im Gesicht und an den freien Hautstellen), wobei Ausmaß und Dauer der Läsionen von der aufgenommenen Dioxinmenge abhängig ist. Diese Hauterkrankung trat bei hochexponierten Chemiarbeitern sowie bei einigen Anrainern der Chemiefabrik in Seveso nach dem Unfall 1976 auf. Weitere Fälle fanden sich in Japan (Yusho 1968) und Taiwan (Yu-cheng 1979) durch orale Aufnahme von mit Furanen kontaminiertem Reisöl. Dabei zeigte sich, dass Intoxikationen mit PCDD und PCDF prinzipiell ähnliche Symptome verursachen. Damit liegt der Schluss nahe, dass beide Substanzgruppen am gleichen Wirkungsort angreifen bzw. die gleichen biochemischen Reaktionen auslösen.

Immunologische Effekte sind dosisabhängig. Im Tierversuch konnte eine ausgeprägte Rückbildung des Thymus bei Exposition gegenüber hohen Dosen (Mikrogramm-Bereich) gefunden werden. Im unteren Nanogramm-Bereich trat bei Versuchstieren eine Verschiebung im Muster der Immunzellen auf (Neubert et al. 1994).

Weitere Auswirkungen sind unter anderem Hirsutismus (abnorm starke Behaarung), Hauterkrankungen (Porphyria cutanea tarda), Leberschäden, Stoffwechselstörungen (Hyperlipidä-

⁹ z.B. PCB-Richtlinie Baden Württemberg, PCB-Richtlinie Nordrhein Westfalen.

mie), vegetative Funktionsstörungen (z.B. Atmung, Kreislauf), neurologische Symptome (Polyneuropathien) und depressive Symptome.

Kanzerogene und teratogene Wirkungen der Dioxine/Furane wurden im Tierversuch eindeutig bewiesen (IARC 1997). Es fanden sich besonders hepatozelluläre Karzinome, Schilddrüsenkarzinome, Plattenepithelkarzinome der Lunge sowie Plattenepithelkarzinome der Mundhöhle. Epidemiologische Studien über die Kanzerogenität von Dioxinen/Furanen beim Menschen wurden ebenfalls durchgeführt (z.B. Fingerhut et al. 1991, Zober et al. 1990, Saracci et al. 1991). Die meistzitierte Studie von Fingerhut et al. (1991) untersuchte retrospektiv 5.172 Arbeiter in 12 chemischen Betrieben in den USA, die einer Dioxinbelastung (TCDD) am Arbeitsplatz ausgesetzt waren. Als Ergebnis dieser Studie zeigte sich eine geringe, jedoch signifikante Erhöhung der allgemeinen Krebssterblichkeit. Weichteilsarkome waren häufiger als erwartet. Diese Erhöhung war jedoch nicht signifikant. In einer Subgruppe (1.520 langzeitexponierte Arbeiter) konnte ein signifikanter Anstieg der Weichteilsarkom- und Lungenkrebssterblichkeit nachgewiesen werden (jedoch geringe Fallzahl bei den Weichteilsarkomen). Die Autorin kam zu dem Schluss, dass diese Studie das früher angenommene hohe Krebsrisiko durch TCDD nicht ohne weiteres bestätigen kann. Außerdem ließ sich nicht ausschließen, ob die untersuchten Arbeiter nicht auch mit anderen Kanzerogenen in Berührung gekommen sind.

Die überwiegende Mehrheit der Befunde aus Mutagenitätsstudien zeigen keine genotoxische Wirkung von 2,3,7,8-TCDD und anderen PCDD-Kongeneren. Diese Substanzen bilden auch keine Addukte mit der DNA, sowohl in vivo als auch in vitro (Kociba 1984, Poland und Glover 1979). Von der IARC wurde 2,3,7,8-TCDD 1997 in Gruppe 1 (carcinogenic to humans) eingestuft.

Für viele Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane ist die Datenlage für eine abschließende, fundierte toxikologische Bewertung noch nicht ausreichend. Untersuchungen zum Wirkungsmechanismus weisen darauf hin, dass eine Rezeptorbindung der erste Schritt und das gemeinsame Prinzip der toxischen Wirkung sein dürfte. Die toxische Potenz und somit das potentielle Gesundheitsrisiko eines Isomergemisches lassen sich grob auf Basis der so genannten Toxizitäts-Äquivalenzfaktoren (TEF) abschätzen. Für das "Seveso-Gift" (2,3,7,8-TCDD) als giftigste Verbindung wurde der Faktor 1 festgelegt, für die anderen Verbindungen – entsprechend ihrer niedrigeren Toxizität – Faktoren kleiner als 1. Das Konzept ist nicht unumstritten und weist zahlreiche Mängel auf (Wittsiepe und Wilhelm 2001).

2.2.7.3 Richt- und Orientierungswerte für Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane

Von der Landesgesundheitsbehörde Hamburg wurden Richtwerte für PCDD/PCDF festgelegt (Sagunski 2004).

Tab. 2.16: Richtwerte für Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane – Raumluft

PCDD/PCDF	Raumluftkonzentration [pg/m ³]	Bemerkungen
Landesgesundheitsbehörde Hamburg, Deutschland (Sagunski 2004)	0,5	Richtwert I: bei Unterschreitung keine Gefährdung
	0,5-5	Zwischenbereich: über das übliche Maß hinausgehende, hygienisch unerwünschte Belastung
	5	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf

2.2.8 Flammschutzmittel und Weichmacher

2.2.8.1 Allgemeines

Unter der Funktionsbezeichnung Flammschutzmittel und Weichmacher werden Substanzen mit unterschiedlicher chemischer Struktur bezeichnet. Eine exakte Trennung nach der Verwendung ist nicht immer möglich. Chlorparaffine wurden z.B. sowohl als Weichmacher in PVC als auch als Flammschutzmittel eingesetzt.

2.2.8.2 Phthalate

Bei den Estern der Phthalsäure handelt es sich im Allgemeinen um farblose, wasserunlösliche, schwer flüchtige Flüssigkeiten, die als Weichmacher für PVC, als fettfreie Schmiermittel, Schaumverhütungsmittel, Lösungsmittel, als Trägerflüssigkeit in Pestiziden, Kosmetika, Parfüms, als Insektenvertreibungsmittel und als Vorprodukte für Duroplaste, synthetische Fasern, Folien, Lackharze Verwendung finden (Römpp 1995).

Von den verschiedenen Phthalaten, die als Weichmacher Verwendung finden, sind Diethylhexylphthalat (Di-sec-octylphthalat, Phthalsäuredi-(2-ethylhexyl)ester, nach DIN 7723 DOP, oft wird jedoch die Abkürzung DEHP verwendet) und Diisodecylphthalat (DIDP) die mengenmäßig bedeutendsten Produkte. Der Anteil des DEHP an der Gesamtproduktion von Phthalat-Weichmachern schwankt länderabhängig zwischen 60 und 70%.

Phthalate sind nahezu ubiquitär. Ursachen hierfür sind unter anderem hohe Produktions- und Anwendungsmengen, eine Vielzahl von Einsatzbereichen, die Bio- und Geoakkumulationstendenz und eine gewisse Stabilität gegenüber physikalisch-chemischen und biologischen Abbaureaktionen.

In der entsprechenden Fachliteratur sind eine Reihe von gesundheitsschädigenden Wirkungen dokumentiert. Hierbei spielen u.a. hormonähnliche Effekte und die strukturelle Ähnlichkeit mit den Prostaglandinen als Entzündungsmediatoren eine Rolle. So werden verfrühter Eintritt der Pubertät ebenso wie eine Zunahme von entzündlichen Atemwegsveränderungen (insbesondere bei inhalativer Belastung) diskutiert (Kundi 2004). Insgesamt ist die Datenlage aber äußerst dürftig, zumal erst seit kurzem ein verlässlicher Marker zum Biomonitoring vorliegt (Koch et al. 2003).

2.2.8.3 Trisphosphate

Trisphosphate sind Verbindungen auf Phosphorsäureesterbasis. In Innenräumen können unter anderem Tris(2-chlorethyl)phosphat (TCEP), Tris(2-chlorpropyl)phosphat (TCPP) und Tris(2-butoxyethyl)phosphat (TBEP) nachgewiesen werden (Hansen et al. 2000).

Für eine flammhemmende Wirkung ist ein TCEP-Anteil von 10-20% im Produkt erforderlich. Wird TCEP als Weichmacher eingesetzt, reichen etwa 5% (oder auch weniger) aus. Trisphosphate werden etwa Montageschäumen, Anstrichmitteln, Klebern, Polstermöbeln, Matratzen, PVC-Tapeten und PVC-Bodenbelägen zugesetzt; weiters geben auch elektrische Geräte und Isolierplatten mit entsprechender Beschichtung diese Substanzen an die Raumluft ab.

Nach dem Chemikaliengesetz bzw. der Gefahrstoffverordnung ist z.B. TCEP mit dem Symbol Xn (gesundheitsschädlich) und mit den Sätzen R 22, R36/38 (gesundheitsschädlich, reizt die Augen und die Haut) zu versehen.

Ob bei geringeren Konzentrationen und Dauerexposition Probleme auftreten, ist nach den spärlichen Unterlagen, die für eine toxikologische Beurteilung zur Verfügung stehen, nicht bekannt. Es existieren jedoch einzelne Fallberichte aus umweltmedizinischen Ambulanzen,

wonach unter Exposition mit TBEP Reizerscheinungen allgemeiner Art auftreten können (Augenbrennen, Hals-, Schleimhautbeschwerden, verstopfte Nase, Hautausschläge).

Der NOEL (No Observed Effect Level) beträgt für TBEP (abgeleitet aus Tierversuchen) 15 mg/kg Körpergewicht und Tag. Eine Anreicherung im Organismus ist jedoch nach derzeitigem Wissensstand nicht zu befürchten. Das Gesundheitsrisiko durch TBEP für die Gesamtbevölkerung wird von der WHO derzeit als niedrig angesehen (WHO 2000b).

TCEP schädigt im Tierversuch vor allem das Nervensystem und die Niere und verringert die Fruchtbarkeit. Weiters weist es (bei Tieren) ein krebserzeugendes Potenzial auf (Sagunski und Rosskamp 2002).

2.2.8.4 Richt- und Orientierungswerte für Flammschutzmittel und Weichmacher

Von der deutschen Ad-hoc Arbeitsgruppe wurden Richtwerte für TCEP festgelegt (Sagunski und Rosskamp 2002). Da die Datenlage für andere Trisphosphate schlechter als für TCEP ist, hat die deutsche Ad-hoc Arbeitsgruppe, vorgeschlagen, die Richtwerte für die Innenraumluft vorläufig auch für die Summe von TCEP und weiteren Organophosphaten (TCPP, TBEP, TBP, TEHP, TPP) anzuwenden.

Tab. 2.17: Richtwerte für TCEP und andere Trisphosphate – Raumluft

TCEP	Raumluftkonzentration [µg/m ³]	Bemerkungen
Ad-hoc Arbeitsgruppe der IRK/AGLMB, Deutschland (Sagunski und Rosskamp 2002)	5	Richtwert I: bei Unterschreitung keine Gefährdung
	5-50	Zwischenbereich: über das übliche Maß hinausgehende, hygienisch unerwünschte Belastung
	50	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf

2.2.8.5 Bromierte Flammschutzmittel

Bromierte Flammschutzmittel werden in den Kunststoffgehäusen von elektrischen Geräten, Leiterplatten, Textilien, Teppichrücken, Dämmplatten, Schäumen, Polstermöbeln, Autositzen und Matratzen eingesetzt. Bei den bromierten Flammschutzmitteln unterscheidet man drei große Gruppen: Polybromierte Diphenylether (PBDE), Tetrabrom-Bisphenol A (TBBPA) und Hexabromcyclodecan (HBCD). Im Mittelpunkt der Diskussion standen dabei in den letzten Jahren die Polybromierten Diphenylether.

Theoretisch existieren bei den Polybromierten Diphenylethern analog zu den PCBs 209 Kongenere. In der Praxis werden vor allem Penta-, Octa- und Decabrom-Diphenylether eingesetzt, wobei es sich bei den kommerziellen Produkten um Mischungen aus verschiedenen PBDE handelt. Während in Europa – bedingt durch freiwilligen Verzicht und durch Verbote – die Produktion abgenommen hat, nimmt sie in Amerika und Kanada zu.

PBDE sind stabile Substanzen, die in der Umwelt sowie im menschlichen Fettgewebe, im Blut und in der Frauenmilch nachgewiesen werden können. Die Konzentrationen in der Muttermilch sind dabei in Amerika viel höher als in Europa (Schechter et al. 2003). Auch in Innenräumen finden sich Polybromierte Diphenylether in der Luft und im Staub. Die hauptsächliche Aufnahme dürfte aber über die Nahrung erfolgen. Werden Kunststoffe, die mit PBDE ausgerüstet sind, erhitzt oder verbrannt, bilden sich Dioxine und Furane.

Im Tierversuch stören PBDE u.a. die Gehirnentwicklung, schädigen die Leber und zeigen hormonelle Wirkungen. Ob ähnliche Effekte auch beim Menschen zu befürchten sind, ist derzeit nicht bekannt (Birnbauer und Staskal 2004).

2.2.8.6 Chlorparaffine

Chlorparaffine sind farblose, flüssige oder feste Chlorierungsprodukte des Paraffins mit unterschiedlichem Chlor-Gehalt, eingesetzt in wasserfesten Imprägnierungen, als Flamm- schutzmittel zusammen mit Antimon- oder Phosphor-haltigen Synergisten, als Weichmacher für PVC und Lackrohstoffe, ferner als Anstrichmittel, für Schmierflüssigkeiten und Metallbe- arbeitungsöle. Weiters sind Anwendungen in Dichtungsmaterialien und dauerelastischen Fugenmassen bekannt. Etwa 200 verschiedene Chlorparaffine werden industriell genutzt, immer als Substanzgemische. In der Umwelt sind Chlorparaffine sehr reaktionsträge und konnten deshalb im Wasser und Boden, in Muscheln, Fischen, Vögeln und auch im mensch- lichen Fettgewebe in Spuren nachgewiesen werden.

Chlorparaffine gelten als akut wenig giftig. Die toxischen Eigenschaften sind von der Ketten- länge und dem Chlorierungsgrad abhängig. Kurzkettige Vertreter, mit 10-13 Kohlenstoff- Atomen und zu 58% chloriert, könnten als Tumorpromoter wirken (Römpf 1995). Dafür liegen aus Tierversuchen Anhaltspunkte vor. Sie dürften aber nicht genotoxisch wirken. Die toxikologische Beurteilung der Chlorparaffine ist jedoch noch nicht abschließend geklärt.

2.2.9 Geruchsstoffe

2.2.9.1 Eigenschaften und Vorkommen

Eine nicht zu unterschätzende Beschwerdequelle in Innenräumen sind schlechte Gerüche, teilweise durch menschliche Aktivitäten, teilweise durch Baustoffe und Materialien zur Innen- einrichtung verursacht. Die Ursachen für zahlreiche in Innenräumen auftretende Gerüche sind bekannt (Schriever und Marutzky 1991), wenngleich es nicht immer gelingt, sämtliche hinter den auftretenden Gerüchen stehende geruchsbildenden Substanzen zu identifizieren. In Hinblick auf die Charakterisierung dieser Substanzen besteht mitunter die Schwierigkeit, dass das menschliche Geruchsorgan Geruchsstoffe wahrnehmen kann, die analytisch nicht oder nur mit speziellen Methoden erfassbar sind.

Häufig auftretende Geruchsquellen bei Bauprodukten sind Beschichtungen aller Art. Polyu- rethanlacke oder Fugenmassen können beispielsweise die Verbindung n-Butylacetat, die einen niedrigen Geruchsschwellenwert besitzt, über einen längeren Zeitraum in geruchsrele- vanten Konzentrationen an die Raumluft abgeben. Typische Gerüche nach Styrol werden von Polyester-Dichtanstrichen verursacht.

Auch Beschichtungen auf Naturharzbasis können eine Quelle von Geruchsstoffen darstellen. Beschwerden werden in der Praxis besonders bei unsachgemäßer Verarbeitung lösungsmit- telhaltiger Produkte wie Bodenöle berichtet (Tappler 2004a). Bei falscher Anwendung tritt manchmal in der Praxis der Fall ein, dass erhebliche Mengen der Beschichtungsstoffe in Materialschichten eintreten, in denen eine Abgasung der Lösungsmittel und produkttypische Vernetzung des Bindemittels verhindert wird. Ein Beispiel ist die Renovierung alter Parkett- böden mit breiten Fugen, bei denen Lösungsmittelbestandteile zwischen Blindboden und Parkettschicht bzw. zwischen die Parkettbretter eintreten und dort unkontrolliert oxidieren. Als Folge können geruchsintensive Zerfalls- und Zersetzungsprodukte wie organische Säuren und Aldehyde entstehen. Es wurde auch analytisch nachgewiesen, dass leinöhlhaltige

Anstriche unterschiedliche organische Stoffe, vor allem Aldehyde und organische Säuren emittieren (Andersson et al. 1999).

Der Bodenbelag Linoleum, dessen Hauptanteil Leinöl unter anderem aus den Bestandteilen Linolsäure und Linolensäure besteht, kann zu einer Geruchsquelle in Räumen werden. Aus den Leinölbestandteilen entstehen geruchsintensive Substanzen, die als für Linoleum typisch empfunden und von den KonsumentInnen in der Regel nicht beanstandet werden. Bei falscher Lagerung bzw. Produktion, die nicht dem letzten Stand der Technik entspricht, verstärken sich allerdings diese Abgasungen, die dann zu den vor allem durch höhere Aldehyde verursachten, persistenten muffigen Gerüchen führen (Jensen et al. 1993).

Auch Kork gibt, abhängig von der Produktionsmethode, stark unterschiedliche Mengen an VOC, darunter eine Reihe von Substanzen mit niedrigem Geruchsschwellenwert, an die Raumluft ab (Horn et al. 1998). Wird nun beispielsweise Korkgranulat niedriger Qualität in der Bodenschüttung eingesetzt, wie es in der Praxis mitunter vorkommt, kann dies aufgrund der offenen Verbindung zwischen dem Material und der Raumluft zu starken Gerüchen führen. Die Geruchsqualität reicht dabei von "korktypisch" bis zu "Geruch nach geselchtem Fleisch".

Neben den angeführten Beispielen gibt es eine Reihe von dokumentierten Fällen von Gerüchen aus Baustoffen und Materialien der Inneneinrichtung. Beispiele dafür sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt (Quelle, wenn nicht anders angegeben: Tappler 2004b).

Tab. 2.18: Praxisorientierte Beispiele für Geruchsstoffe aus Bauprodukten

Geruch	Quelle	Ursache
"Neue Möbel"	Holzbeschichtungen	n-Butylacetat als Lösungsmittel von Holzanstrichen
Stechend-aromatisch, "chemisch"	Dichtanstriche gegen Feuchtigkeit, Abdichtmaterialien	Styrolabgabe durch falsche Mischung der Komponenten der Polyesterbeschichtung (Sagunski 2004, Tappler 2004b)
Putzereigeruch, "chemisch"	Chemisch-Reinigungsbetriebe	Durchtritt von Tetrachlorethen (PER) aus dem Gewerbebetrieb (BMLFUW 2004b)
Teerartig	Feuchteisolierungen, Kleber, alte Imprägnierungen	Methylnaphthaline aus Teerepoxyharzanstrichen (Brown et al. 1990), teerhaltige Bodenkleber, Karbolineum
Nach Lösungsmittel	Feuchteisolierungen, PUR-Holzbodenversiegelung, Gewerbebetriebe	Depotbildung diverser Lösungsmittelbestandteile bei Bautenanstrichen, Aromaten und n-Butylacetat bei Holz-Anstrichen infolge falscher Mischung der Komponenten (Schriever und Marutzky 1990) oder falscher Aufbringung, Durchtritt von Lösungsmittelbestandteilen aus Gewerbebetrieb (Sagunski 2004, Tappler 2004b)
Muffig	Leinöl	Aldehyde, unkontrollierte Zersetzung statt Vernetzung der Komponenten (Andersson et al. 1999)
"neuer Teppich"	Textile Bodenbeläge	4-Phenyl-cyclohexen (4-PCH), 4-Vinyl-cyclohexen (4-VCH) und andere VOC (Aromaten) aus Rückenbeschichtung (Sollinger und Levsen 1992, Tappler et al. 1994)
Nach Kork, "geselcht"	Kork	Aldehyde und weitere Stoffe durch bestimmtes Produktionsverfahren (Horn et al. 1998)
"nach Holz"	Holz, Naturharz-Holzbeschichtung	Terpene aus harzreichem Weichholz und terpenhaltigen Imprägnierungen
Ammoniakähnlich, urinartig	Glaswolle	Zersetzung von bei der Produktion zugesetzten stickstoffhaltigen Salzen unter Feuchtigkeitseinfluss
Ammoniakähnlich, süßlich	Beton	Unbekannt, vermutlich Zusatzstoffe
Süßlich	Fußboden, Spachtelmassen	Bildung von 2-Ethylhexanol aus Diethylhexylphthalat, stammend aus PVC und alkalischen Materialien wie z.B. Betonestrich
Süßlich, nach Marzipan	UV-Lacke	Benzaldehyd, Cyclohexanon durch Unregelmäßigkeiten in der Produktion
Gummi	Kautschuk-Bodenbeläge	Eigengeruch des Materials, Substanzen unbekannt

Essig	Silikondichtmassen	Freisetzung von Essigsäure bei Anwendung
Muffig	Gebäude mit größeren Mengen an Holzwerkstoffen	Bildung von Chloranisolen aus Phenolen, Chlorphenolen oder Chlorbenzolen in Verbindung mit mikrobieller Aktivität (Binder et al. 2004)
Muffig, linoleumtypisch	Linoleum	Aldehyde und andere Substanzen (Jensen et al. 1993)
PVC-typisch	PVC-Bodenbeschichtungen	Substanzen unbekannt
Garagengerüche	Garage	Durchtritt von Abgasen und Garagenluft

2.2.9.2 Gesundheitliche Auswirkungen

Der Geruchssinn hat eine wesentliche Bedeutung als Informations- und Warnsystem. Ein entsprechender Reiz wirkt als Signal für erhöhte Aufmerksamkeit. Wenn Gerüche über das Riechhirn "Alarmsignale" setzen, sind sie als Stressoren anzusehen, die Stressreaktionen im Organismus auslösen können. In der Folge kann es zu einer vegetativen Gleichgewichtsverschiebung bis hin zur Belastung (Stressphänomene) kommen.

Neben zentralnervösen Wirkungen (EEG-Veränderungen) konnten beim Menschen nach Geruchsstimulierung Reaktionen seitens des Kreislaufs (Blutdruck- und Pulsfrequenzveränderungen), der Atmung (Änderung der Atemfrequenz und -tiefe), des Verdauungstrakts (Appetitlosigkeit, Übelkeit, Erbrechen) sowie unspezifische Symptome wie Kopfschmerzen und Schlafstörungen beobachtet werden.

In einer Arbeit des Österreichischen Bundesinstitutes für Gesundheitswesen werden Gerüche folgendermaßen beurteilt (Auszug): "Gerüche werden individuell und situationsbedingt sehr unterschiedlich beurteilt. In der überwiegenden Zahl der Fälle werden jedoch persistente Gerüche, deren Auftreten und Dauer von den Raumnutzern nicht gesteuert werden können, als störend empfunden. Psychovegetative Reaktionen wie periphere Vasokonstriktion oder Pupillenerweiterung werden durch Geruchsreize beeinflusst. Berichtet wird auch über geruchsbedingte Schlafstörungen. Es wird vermutet, dass sich schlechte Gerüche verstärkend auf asthmatische Symptome auswirken." Gerüche sind als maßgebliche Beeinträchtigung der Wohnqualität anzusehen (ÖBIG 1995). Bei der Festsetzung von Richtwerten für die Innenraumluft wird im Rahmen des Basisschemas zur Festlegung von Richtwerten für die Innenraumluft gefordert, dass eine Überschreitung des Geruchsschwellenwert einer Substanz mit einer hygienisch unerwünschten Belastung verbunden ist (Ad hoc Arbeitsgruppe 1996).

Generell stehen nicht die akuten gesundheitlichen Schäden im Vordergrund, sondern die durch Gerüche verursachten Belästigungen. Als Belästigungsreaktionen treten im Sinne psychologischer Abwehrmechanismen Symptome wie allgemeines Unbehagen und Gereiztheit bis hin zu Niedergeschlagenheit auf. Die Größe der Belästigungsreaktion ist als komplexe Größe von geruchs- und situationsspezifischen Einflüssen sowie persönlichen Merkmalen (subjektive Einstellungen und Bewertungen des Individuums) – ähnlich wie bei der Verarbeitung von Lärm – abhängig. Ist die Exposition lange anhaltend, können sich über Stressmechanismen psychosomatische bzw. psychisch mitbedingte somatische Schädigungen bzw. Erkrankungen entwickeln.

2.2.9.3 Richt- und Orientierungswerte

Für in Innenräumen vorkommende Geruchsstoffe werden unterschiedliche mittlere Geruchsschwellenwerte angegeben. Eine offizielle, im deutschsprachigen Raum veröffentlichte Publikation ist die Geruchsimmissions-Richtlinie des Landes Nordrhein-Westfalen (1999). Die VOC-Datenbank des dänischen National Instituts für Occupational Health stellt eine aktuelle Zusammenstellung von Geruchsschwellenwerten im europäischen Raum dar (VOCBASE 1996). Daneben existieren noch weitere bedeutende Publikationen in Zusammenhang mit Geruchsschwellenwerten (z.B. Ruth 1986, Devos et al. 1990, Ranson von und Belitz 1992, Woodfield und Hall 1994).

Tab. 2.19: Mittlere Geruchsschwellenwerte von häufig in Innenräumen vorkommenden Substanzen

Substanz/ Literaturstelle	Mittlerer Geruchsschwellenwert ¹⁰ [µg/m ³]	Anmerkung
n-Butylacetat		
Geruchsimmissions-Richtlinie Nordrhein-Westfalen (1999)	30	
Woodfield und Hall (1994)	47	Werte gewonnen aus dynamischer Verdünnungsmethode
Hexanal		
Ranson von und Belitz (1992)	17	Werte gewonnen aus dynamischer Verdünnungsmethode
Devos et al. (1990)	57,5	Mittelwert aus gewichteten Angaben aus der Literatur
Nonanal		
Ranson von und Belitz (1992)	10	Werte gewonnen aus dynamischer Verdünnungsmethode
Devos et al. (1990)	13,5	Mittelwert aus gewichteten Angaben aus der Literatur
1-Butanol		
Woodfield und Hall (1994)	90	Werte gewonnen aus dynamischer Verdünnungsmethode
2-Butoxyethanol		
Woodfield und Hall (1994)	5,1	Werte gewonnen aus dynamischer Verdünnungsmethode
Ammoniak		
Geruchsimmissions-Richtlinie Nordrhein-Westfalen	1.900 (1,9 mg/m ³)	
Devos et al. (1990)	4.070 (4,07 mg/m ³)	Mittelwert aus gewichteten Angaben aus der Literatur

2.2.10 Faserstoffe

2.2.10.1 Eigenschaften und Vorkommen

Unter dem Begriff Faserstoffe werden faserförmige Stoffe mit unterschiedlichen physikalischen und humantoxischen Eigenschaften zusammengefasst. Die für den Innenraum wichtigsten Vertreter sind Asbest und künstliche Mineralfasern (Glas- und Steinwolle). Daneben können in Innenräumen Gipsfasern und bei Einbau von Zellulosedämmstoffen auch Zellulosefasern in relevanten Konzentrationen nachgewiesen werden.

Asbest ist ein Sammelbegriff für faserförmige Silikatminerale. Man unterscheidet Chrysotil (Weißasbest), Aktinolith, Tremolit, Amosit (Braunasbest), Krokydolith (Blauasbest) und Anthophyllit. Das Naturprodukt Asbest (gr. asbestos = unauslöschlich) vereinigt eine Reihe von einzigartigen technischen Eigenschaften in sich: es ist nicht brennbar, chemisch beständig, verrottungsfest und isoliert gut. Darüber hinaus kann es versponnen und in verschiedene Bindemittel eingearbeitet werden. Daher wurde dieses Material in zahlreichen Bereichen verwendet. Schon im Altertum wurden aus Asbest Dochte und unbrennbare Tücher hergestellt. Seit der Mitte des 19. Jahrhunderts für eine breite Produktpalette eingesetzt, fand Asbest vor allem im Hoch- und Tiefbau Verwendung. Von solchen Produkten können jedoch durch Erschütterungen, Alterung, Beschädigungen oder Luftbewegungen Fasern in die Atemluft freigesetzt werden. Je schwächer dabei die Asbestfasern im Produkt gebunden werden, desto stärker ist die Gefahr der Freisetzung.

Insgesamt enthielten mehrere tausend Produkte im Bauwesen Asbest. Die wichtigsten Anwendungsbereiche waren die Verstärkung von Kunststoffen und mineralischen Produkten (z.B. Dachplatten, Asbestzement) und die Dämmung (Brandschutz, Schallschutz). In Gebäuden, die zwischen 1960 und 1982 errichtet oder umgebaut wurden, vor allem aber in solchen, die über Brandabschnitte oder über haustechnische Anlagen verfügen, ist die Wahrscheinlichkeit, dass Asbestprodukte verwendet wurden, besonders hoch. Als besonders problematisch wird dabei der nur schwach gebundene Spritzasbest eingeschätzt. In Wohnungen und Büros wurden asbesthaltige Dämmplatten, PVC-Fußbodenbeläge, Heizkörper- und Wandverkleidungen oder auch Nachtstromspeichergeräte (bis 1976) eingesetzt. Aber auch in diversen anderen Materialien wie z.B. Farben, Fugenmassen, Putzen und Dichtungen war Asbest zu finden. Mit freiem Auge ist Asbest nicht sicher von anderen Materialien unterscheidbar.

Die Verwendung, Herstellung und der Verkauf von Weißasbestprodukten ist in Österreich durch die Asbestverordnung weitgehend eingeschränkt worden, die von Blauasbest wurde gänzlich verboten (Asbest-VO 1990). Die Ausnahmen (z.B. Bremsbeläge, Trinkwasserrohre) müssen entsprechend gekennzeichnet werden.

Künstliche Mineralfasern (vor allem Glas- und Steinwolle) werden in erster Linie zur Wärmedämmung, aber auch für zahlreiche weitere Anwendungen in Bauprodukten (z.B. Schalldämpfer in Lüftungstechnischen Anlagen) verwendet.

Gipsfasern (Calciumsulfatanhydrit-Faserkristalle) werden als Verstärkungs- und Füllstoffe eingesetzt.

2.2.10.2 Gesundheitliche Auswirkungen

Die biologische Wirkung der Asbestfasern beruht auf der geometrischen (länglichen) Form der Fasern und deren hoher Beständigkeit im Organismus (Schneider et al. 2003). Asbest ist als sehr stark krebserzeugender Stoff ausgewiesen (MAK-Werte-Liste IIIA1: Stoffe, die beim Menschen erfahrungsgemäß bösartige Geschwülste zu verursachen vermögen). Das Einatmen von Asbestfaserstaub kann vor allem zu Asbestose, Lungenkrebs und Mesotheliom führen. RaucherInnen, die asbestexponiert sind, haben ein besonders hohes Lungenkrebsrisiko.

¹⁰ Der Begriff mittlerer Geruchsschwellenwert bedeutet, dass die Substanz bei dieser Konzentration von 50% einer repräsentativen Gruppe von Probanden geruchlich wahrgenommen werden kann.

Die Kanzerogenität von künstlichen Mineralfasern (Glas-, Steinwollen, etc.) ist im Vergleich zu Asbest gering, da die Fasern andere physikalische Eigenschaften besitzen. Generelle Aussagen können aber nicht gemacht werden.

Entscheidend für die Kanzerogenität ist die Biopersistenz von länglichen Fasern. Die Faserarten werden heute entsprechend geprüft, klassifiziert und gekennzeichnet (Bernstein 1998). Gesundheitlich von Bedeutung sind weiters die mechanischen Reizungen von Haut und Schleimhäuten bei der Verarbeitung von Mineralfasern.

Obwohl die Faserdurchmesser von Gipsfasern zum Teil im lungengängigen Bereich liegen, sind die Fasern wegen ihrer guten Löslichkeit im Körper nicht kanzerogen.

2.2.10.3 Richt- und Orientierungswerte für Faserstoffe

Richtwerte für die Belastung der Raumluft mit Asbest und künstlichen Mineralfasern in der Luft von Innenräumen sind in Österreich nicht vorhanden. Hinweise zur Beurteilung von Asbest-Faserkonzentrationen geben Richtwerte für die Erfolgskontrolle im Falle von Asbestsanierungen, wie sie zum Beispiel in der deutschen Asbest-Richtlinie festgeschrieben sind (DIBt 1996). Wenn Richtwerte zur Erfolgskontrolle von Sanierungen unterschritten werden, können die betreffenden Räume wieder genutzt werden und es wird keine Gefährdung mehr angenommen.

Bei der Erfolgskontrolle von Sanierungen ist nachzuweisen, dass die beiden folgenden Bedingungen eingehalten sind:

- Messwert der Asbestfaser-Konzentration: kleiner 500 Fasern/m³,
- Obergrenze des Vertrauensbereichs : kleiner 1000 Fasern/m³.

Nach Aussagen des deutschen Umweltbundesamtes sind im Bezug auf künstliche Mineralfasern Raumluftkonzentrationen von "einigen tausend Fasern je Kubikmeter" als "deutlich erhöht" zu bewerten (UBA 1994).

2.2.11 Partikel

2.2.11.1 Eigenschaften und Vorkommen

Partikel in Innenräumen können aus verschiedenen Quellen stammen, eine davon ist die Außenluft. Durch Lebensvorgänge in Räumen, Haustierhaltung, Hobbyaktivitäten und Kochvorgänge werden Partikel in unterschiedlichen Größen erzeugt, die abhängig von ihrer Größe unterschiedlich lange in der Raumluft persistieren können.

Aus der Außenluft stammende Luftbestandteile wie Ozon und andere reaktive Verbindungen können in der Gasphase oder an Materialoberflächen mit im Innenraum emittierten Stoffen reagieren und neue Verbindungen erzeugen. Art und Menge dieser so genannten sekundären Emissionsprodukte sind stark von den Vorläufersubstanzen und den klimatischen Parametern abhängig. Zahlreiche im Innenraum gebräuchliche Produkte emittieren herstellungsbedingt stark reaktive Verbindungen (Salthammer 2000), die als Vorläufersubstanz dieser Sekundärprodukte zu betrachten sind. Solche Verbindungen können schon in niedrigen Konzentrationen durch ihre Geruchsintensität oder ihre irritative Wirkung das menschliche Wohlbefinden negativ beeinflussen (Wolkoff et al. 1997, Wolkoff et al. 1999).

Für den Nachweis dieser Verbindungen ist zum Teil eine über Routinemethoden hinausgehende, spezielle Analytik notwendig, manche Substanzen können derzeit überhaupt noch

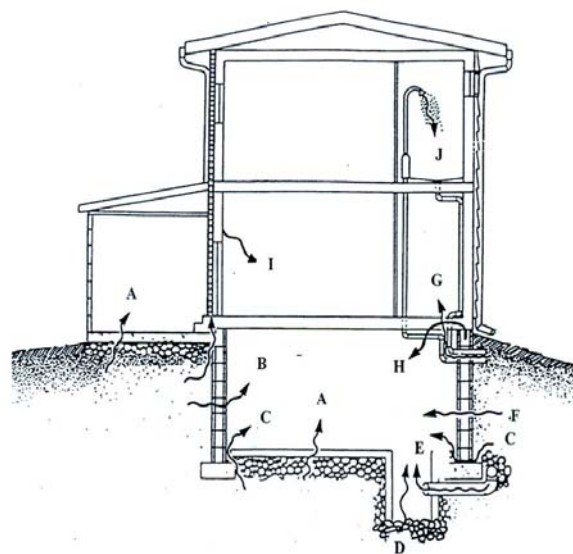
nicht analytisch erfasst werden. Vorläufige Ergebnisse zeigen, dass bei der Reaktion von VOC (wie Limonen, Pinenen) und Ozon ultrafeine Partikel entstehen (Weschler und Shields 1999). Die gesundheitliche Relevanz derartiger reaktiver Mischungen wird zur Zeit vor allem von nordeuropäischen Arbeitsgruppen intensiv untersucht, es ist jedoch schon abzusehen, dass diese Substanzen eine nicht zu unterschätzende Wirkung vor allem im Bereich der oberen Atemwege und der Augen haben (Klenø und Wolkoff 2002, Rohr et al. 2003).

2.2.12 Radon, Radioaktivität

2.2.12.1 Eigenschaften und Vorkommen

Radon ist ein geruch- und geschmackloses radioaktives Edelgas. Es entsteht ständig durch radioaktiven Zerfall aus natürlichem Uran. Die Hauptquelle von Radon ist der geologische Untergrund. Von dort kann das Gas über Kellerräume in Wohnräume eindringen. Auch manche Baustoffe (die jedoch kaum mehr verwendet werden) wie bestimmte Granitarten, Schlacken oder Phosphatgips können eine erhöhte radioaktive Eigenstrahlung aufweisen und damit zur Radonbelastung der Raumluft beitragen.

Abb. 2.2: Eintrittswege von Radon in ein Gebäude (SARAH 1998)



Im Rahmen der ÖNRAP-Studie (2001) wurden umfangreiche Messungen in Österreich durchgeführt, um Risikogebiete herauszufinden. Es zeigte sich, dass es zwar Risikogebiete mit durchschnittlich stark erhöhten Konzentrationen gibt, dass aber der Mittelwert eines Gebietes nichts über das tatsächliche individuelle Risiko aussagt – die Radonkonzentration hängt stark von der Bauweise und vom Lebensstil der BewohnerInnen ab.

Neben dem Alphastrahler Radon werden von Baustoffen auch Gammastrahlen abgegeben, die zu einem kleineren Teil zur jährlichen Gesamtdosis beitragen.

2.2.12.2 Gesundheitliche Auswirkungen

Durch Einatmen gelangen sowohl Radon als auch die an Aerosole angelagerten Folgeprodukte in den Atemtrakt. Ein Teil gelangt ins Blut, wodurch letztendlich alle Organe bestrahlt werden, der Hauptteil belastet aber den Bronchialbereich. Radon wird – im Gegensatz zu seinen (ebenfalls radioaktiven) Folgeprodukten – relativ rasch wieder ausgeatmet. Die Folgeprodukte hingegen verbleiben an den feuchten Oberflächen des Atemtrakts und strahlen energiereiche Alphateilchen aus, die zu Zellschäden und Krebs führen.

Die Abschätzung des durch die Radonbelastung in Wohnungen bedingten Lungenkrebs-Risikos stützt sich im Allgemeinen auf Studien an Bergarbeitern mit nachfolgender Extrapolation in den Niedrigdosisbereich. Bereits im 16. Jahrhundert beschrieb Paracelsus die "Bergsucht" der Bergarbeiter des Schneeberger Reviers (Erzgebirge), die dann 1879 als Lungenkrebs identifiziert wurde. Mehrere Jahrzehnte danach wurde Radon als wesentliche Ursache für den Schneeberger Lungenkrebs erkannt. Erste Anhaltspunkte für Expositions-Wirkungs-Beziehungen ergaben sich in den 60er Jahren durch die Studien an amerikanischen Uranbergarbeitern (Coloradoplateau-Kohorte). Arbeiter, die einer höheren Strahlenbelastung ausgesetzt waren, hatten ein größeres Lungenkrebsrisiko (Möhner 2003).

Auch für den Wohnbereich konnte in mehreren Fall-Kontroll-Studien gezeigt werden, dass mit steigender Radonkonzentration das Lungenkrebsrisiko zunimmt. In Österreich werden 5 bis 15% der Lungenkrebs-Erkrankungen dem Radon zugeschrieben (Ärztinnen und Ärzte für eine gesunde Umwelt 2003, Friedmann 2004a,b).

Studien zeigen, dass das Lungenkrebsrisiko bei RaucherInnen, die auch Radon ausgesetzt sind, größer ist, als wenn man die einzelnen Risiken addieren würde. Hinweise darauf, dass Radon außer einem erhöhten Krebsrisiko im Atemtrakt auch noch andere Gesundheitsschäden verursacht, gibt es kaum.

2.2.12.3 Richt- und Orientierungswerte für Radon und Gammastrahlung aus Baustoffen

Die österreichische Strahlenschutzkommission empfiehlt für Innenräume einen Planungsrichtwert von 200 Bq/m³, der bei Planung und Bau neuer Wohnungen eingehalten werden soll, sowie einen Eingreifrichtwert von 400 Bq/m³, bei dessen Überschreitung Sanierungsmaßnahmen empfohlen werden (SSK 1994).

Tab. 2.20: Richtwerte für Radon – Raumluft

Radon	Raumluftkonzentration [Bq/m ³]*	Bemerkungen
Österreichische Strahlenschutzkommission (SSK 1994)	200	Planungsrichtwert
	400	Eingreifrichtwert
Länderarbeitskreis umweltbezogener Gesundheitsschutz, Deutschland (Sagunski 2004)	100	Richtwert I: bei Unterschreitung keine Gefährdung
	100-1000	Zwischenbereich: über das übliche Maß hinausgehende, hygienisch unerwünschte Belastung
	1000	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf

* Bq/m³ = Bequerel pro Kubikmeter

Neben dem Alphastrahler Radon geben Baustoffe auch Gammastrahlen ab, die auf die in ihnen enthaltenen Substanzen Kalium-40, Thorium-232 und Radium-226 zurückzuführen sind. Die Aktivitätskonzentrationen dieser drei Substanzen und das Vermögen Radon abzugeben, aber auch Schichtdicke und Dichte des Materials, werden in der ÖNORM S5200 berücksichtigt, die Baustoffe in Hinblick auf Radioaktivität bewertet. Der Baustoff wird durch einen Index beurteilt. Wenn dieser Index kleiner als 1 ist, kann der Baustoff empfohlen werden (Mraz et al. 1999).

2.2.13 Anorganische Luftverunreinigungen

2.2.13.1 Allgemeines

Die wichtigsten anorganischen Luftverunreinigungen in Innenräumen sind:

- Kohlenstoffmonoxyd (Kohlenmonoxyd, CO),
- Stickoxide (vor allem NO₂),
- Ozon (O₃),
- Kohlenstoffdioxid (CO₂).

2.2.13.2 Anorganische Luftverunreinigungen und ihre Quellen in Innenräumen

Anorganische Luftverunreinigungen können im Einzelfall zu einer relevanten Belastung der Innenraumluft führen (siehe untenstehende Tabelle) und z.B. Reizungen der Atemwege verursachen. Alle angesprochenen anorganischen Luftverunreinigungen haben bedeutende Quellen im Außenbereich, die sich in abgeschwächter Form auf die Konzentration in Innenräumen auswirken. In der Innenraumluft scheint ein nicht zu vernachlässigender Abbau mancher reaktiver Substanzen wie NO₂ oder O₃ stattzufinden, bei sehr schlecht gelüfteten Gebäuden ist daher die "indoor/outdoor rate" sehr niedrig (Witthauer et al. 1999). In der überwiegenden Anzahl der Fälle existieren mit Ausnahme von CO₂, das in einem eigenen Kapitel behandelt wird, keine Quellen im Innenraum, es ist hier davon auszugehen, dass die Konzentration innen mit dem Luftwechsel korreliert.

2.2.13.3 Richt- und Orientierungswerte für anorganische Luftverunreinigungen

Im Immissionsschutzgesetz-Luft (2001) sind die Raumluftkonzentrationen von Kohlenmonoxid (CO), Stickstoffdioxid (NO₂) und Ozon festgelegt. Diese Werte wurden vor allem für den Außenbereich festgelegt, haben jedoch auch im Innenbereich Gültigkeit.

Für Kohlenmonoxid (CO) und Stickstoffdioxid (NO₂) liegen Richtwerte für Innenräume der deutschen Ad-hoc Arbeitsgruppe der IRK/AGLMB vor. Auch die WHO definierte in ihren Luftqualitätskriterien Richtwerte für diese Substanzen und für Ozon (WHO 2000a). Für Kohlenstoffdioxid (CO₂) aus nicht-anthropogenen Quellen sind keine Richtwerte bekannt.

Einen Überblick über die verschiedenen Grenz- und Richtwerte für CO und NO₂ gibt die nachstehende Tabelle.

Tab. 2.21: Richtwerte für anorganische Luftverunreinigungen – Raumluft

	Raumluftkonzentration		Bemerkungen
	[ppm]	[mg/m ³]	
Kohlenmonoxid (CO)			
Immissionsschutzgesetz-Luft (2001)		10 (8 h)	
Ad-hoc Arbeitsgruppe der IRK/AGLMB, Deutschland – England (1997)	5,5 1,4	6 (0,5 h) 1,5 (8 h)	Richtwert I: bei Unterschreitung keine Gefährdung
	5,5-55 1,4-14	6-60 (0,5 h) 1,5-15 (8 h)	Zwischenbereich: über das übliche Maß hinausgehende, hygienisch unerwünschte Belastung
	55 14	60 (0,5 h) 15 (8 h)	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf
WHO-Richtwert (WHO 2000a)	90	100 (0,25 h)	
	50	60 (0,5 h)	
	25	30 (1 h)	
	10	10 (8 h)	
Stickstoffdioxid (NO₂)*			
Immissionsschutzgesetz-Luft (2001)	0,10	0,20 (0,5 h)	Grenzkonzentration zum Schutz der menschlichen Gesundheit, auch für besonders empfindliche Gruppe
	0,042	0,08 (8 h)	
	0,016	0,03 (1a)	
Ad-hoc Arbeitsgruppe der IRK/AGLMB, Deutschland – England (1998)			Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf
		0,35 (0,5 h) 0,06 (7 d)	
WHO-Richtwert (WHO 2000a)	0,11	0,2 (1 h)	
	0,021-0,026	0,04-0,05 (1 a)	

* Bei Nichtüberschreiten der vorgeschlagenen wirkungsbezogenen Immissionsgrenzkonzentrationen für NO₂ werden indirekt auch Auswirkungen anderer Stickstoffoxide mitberücksichtigt. Es soll jedoch festgehalten werden, daß in bestimmten Situationen, insbesondere in Quellnähe, NO-Konzentrationen auftreten können, welche diejenigen von NO₂ weit übersteigen.

2.3 BIOGENE LUFTVERUNREINIGUNGEN (BIOAEROSOLE)

2.3.1 Begriffsdefinition

Die Gesamtheit der Luftinhaltsstoffe mit biologischem Ursprung wird als biogene Luftverunreinigungen oder als Bioaerosole bezeichnet. Aufgrund der physikalischen Gegebenheiten enthält Luft bevorzugt biologische Strukturen mit kleinen Partikeldurchmessern (Owen et al. 1992). In einer Stellungnahme hat das deutsche Umweltbundesamt darauf hingewiesen, dass sich die Diskussion über Innenraumverunreinigungen in der Öffentlichkeit zu Unrecht hauptsächlich auf chemische Stoffe konzentriert. Wesentlich seltener werde dagegen von biologischen Innenraumverunreinigungen gesprochen, obwohl "diese doch zu Erkrankungen

von erheblicher individualmedizinischer und epidemiologischer Bedeutung führen" können (UBA 1995).

Ihre Konzentration, die im direkten Zusammenhang mit der Exposition der RaumnutzerInnen steht, hängt sowohl von der Jahreszeit (Pollenflug), bestimmten Eigenschaften des Gebäudes bzw. Raumes, als auch vom Verhalten der NutzerInnen ab. Einflussfaktoren können die Jahreszeit, Hygienefaktoren, (Luft)Feuchte oder Haustierhaltung sein (nach Bischof 2001).

Häufige Bioaerosolbestandteile sind (Nevalainen et al. 1993):

- Mikroorganismen (Viren, Bakterien, Pilze, Protozoen),
- Pflanzliche Strukturen (Blütenpollen, Samen etc.),
- Fragmente und Ausscheidungsprodukte von Tieren (Haare, Hautschuppen, Kotballen von Milben etc.),
- Biogene Produkte (Endotoxine, Mykotoxine, β -1,3-Glucane, MVOC).

Sowohl pflanzliche Strukturen als auch Fragmente und Ausscheidungsprodukte von Tieren können potente Allergene sein. Bioaerosole sind in ihrer Zusammensetzung mitunter ausgesprochen komplexe luftgetragene Partikel biologischer Herkunft, die starke räumliche und zeitliche Konzentrationsschwankungen aufweisen können. Bioaerosole treten in der Natur ubiquitär auf. Ihre Wirkungen auf die Atemorgane und damit ihr einatembarer Anteil stehen dabei zweifellos im Mittelpunkt, stellt doch die menschliche Lunge mit einer Fläche von etwa 130 m² eine große Angriffsfläche dar (Linsel 2001).

Anthropogene Emissionen werden zwar in der Regel nicht als Bioaerosole bezeichnet, gehören jedoch ebenso zu den biogenen Luftverunreinigungen. Hier sind vor allem diverse stark flüchtige organische Verbindungen wie Aceton oder Alkohole und Geruchsstoffe zu nennen. Obwohl das von Menschen (und Haustieren) abgeatmete CO₂ eine anorganische Substanz darstellt und auch aus abiotischen Quellen stammen kann, ist dieses CO₂ ebenfalls als biogene Luftverunreinigung zu betrachten. Dies gilt sinngemäß auch für die von Lebewesen abgegebenen organischen Verbindungen.

Im Folgenden werden die wichtigsten Gruppen von biogenen Luftverunreinigungen besprochen.

2.3.2 Allergene

2.3.2.1 Eigenschaften von Allergenen und Allergien

Unter "Allergie" versteht man eine überschießende Reaktion des Immunsystems gegenüber bestimmten körperfremden Substanzen der Umwelt. "Überschießend" heißt die Reaktion, weil das körpereigene Immunsystem auf Fremdstoffe (z.B. Pollen) anspricht, die anders als Krankheitskeime eigentlich keine Gefahr für die Gesundheit darstellen. Prinzipiell kann jeder Stoff in unserer Umwelt zum Auslöser einer Allergie werden – vom Apfel bis zur Zwiebel, vom Angorafell bis zur Zahnpasta. Für 20.000 Substanzen ist nach vorsichtigen Schätzungen eine allergieauslösende Wirkung bekannt (Universität zu Lübeck 2003).

Bei den meisten Allergenen handelt es sich um Eiweißsubstanzen tierischer oder pflanzlicher Herkunft, beispielsweise von Blütenpollen, Milben und Schimmelpilzen. Von den Eiweißmolekülen sind in der Regel nur kleine Abschnitte, die sog. "Epitope", allergen wirksam. Das sind oftmals Molekülabschnitte mit reaktiven Seitenketten, die eventuell auch Zuckermolekü-

le angelagert haben (Glykoproteine). Viele dieser als Allergen wirkenden Eiweißmoleküle haben Enzymwirkung. Aber auch körpereigene Strukturproteine können durch reaktive Fremdstoffe (z.B. Medikamente) derart verändert werden, dass sie als "fremd" erkannt werden und es zu einer Allergie gegen körpereigenes Gewebe kommt ("Autoaggression").

In Abhängigkeit von den involvierten Pathomechanismen unterscheidet man vier Typen der Allergie. Allerdings kommen diese in der Regel nicht in reiner Form vor (bei jeder Reaktion sind mehrere Teile des Immunsystems beteiligt). Die Einteilung in 4 Haupttypen der allergischen Reaktion hat daher vor allem auch didaktische Bedeutung.

Die häufige "Typ I-Allergie" ist geprägt durch die Bildung einer bestimmten Art von Antikörper, dem sogenannten "Immunglobulin E" (IgE), welches die Fähigkeit besitzt, an Mastzellen zu binden und diese zur Freisetzung von Histamin und anderen Entzündungsmediatoren zu veranlassen. IgE ist ein phylogenetisch recht altes Immunglobulin, das wahrscheinlich in der Abwehr parasitärer Infektionskrankheiten seine ursprüngliche Aufgabe hat. Diese Form der Allergie ist deshalb so bedeutsam, weil die häufigsten allergischen Erkrankungen – Heuschnupfen, Asthma und Neurodermitis – wesentlich von der Typ I-Reaktion geprägt sind. In den letzten Jahrzehnten kam es bei diesen Erkrankungen weltweit zu einer markanten Zunahme.

Zu unterscheiden ist weiters zwischen einer Sensibilisierung und einer Allergie. Wenn sich das Immunsystem mit einem Allergen auseinandergesetzt und z.B. Allergieantikörper (IgE) gebildet hat, so ist der Organismus gegen diesen Allergieauslöser sensibilisiert (Schmidt 2004). Eine Sensibilisierung bedeutet nicht automatisch, dass es auch zu Allergiesymptomen kommt. Nachgewiesen wird eine Sensibilisierung im Allergietest. Ist der Organismus aber einmal auf einen Allergieauslöser sensibilisiert, so wird bei jedem erneuten Kontakt das Allergen vom Immunsystem sofort wiedererkannt (Schmidt 2004). Es kann dann auch zu Krankheitserscheinungen kommen. Zur Auslösung allergischer Reaktionen genügen bei bereits sensibilisierten Personen oft verschwindend geringe Mengen des Allergens. Nur wenn ein Patient/eine Patientin neben der Sensibilisierung auch entsprechende allergische Symptome hat, kann man von einer Allergie sprechen.

Das Hinzutreten weiterer begünstigender und verstärkender Faktoren, die gleichzeitig mit oder bereits vor dem Allergen auf die Schleimhäute einwirken, modifiziert die Reaktion auf das Allergen sowohl beim Erst- als auch bei den Folgekontakten.

Allergische Symptome können sich an verschiedenen Organen manifestieren: So zeigen sich am Auge Bindehautentzündung und Lidschwellung, in den Atemwegen Heuschnupfen (saisonalen Schnupfen), Dauerschnupfen, Schwellungen der Atemwege oder asthmatische Beschwerden, an der Haut Nesselsucht, Ekzeme oder Neurodermitis sowie im Magen-Darm-Trakt Übelkeit, Durchfall oder Magenschleimhautentzündung.

Eine Verstärkung von Asthma-Anfällen bei Allergenkontakt sowie allenfalls eine Auslösung von Anfällen bereits bei relativ geringer Allergenexposition kann durch verschiedene unspezifische Reizwirkungen erfolgen: Virusinfektionen, toxische Einwirkung von Reizgasen, Austrocknung der Schleimhaut oder parasymphatische Reaktionslage sind nur ein paar besonders augenfällige Beispiele.

Prinzipiell dürften etwa ein Viertel bis ein Drittel aller Personen genetisch zur Ausbildung von Asthma, Heuschnupfen oder atopischer Dermatitis (Neurodermitis) neigen. Dass dieses genetische Potenzial inzwischen fast vollständig ausgeschöpft wird (Braun-Fahrländer et al. 2004), hat zweifellos verschiedene Ursachen, die noch nicht alle im Detail bekannt sind.

2.3.2.2 Allergene in Innenräumen

Welcher Stoff bei einem Menschen als Allergen wirkt, dürfte unter anderem auch vom Zufall abhängen, wobei ein ausreichend intensiver Kontakt während vulnerabler Phasen (z.T. in der frühen Kindheit) diese Sensibilisierung begünstigen dürfte, während länger dauernder Kontakt zum Allergen in niedriger Konzentration eventuell auch eine Toleranz bewirken kann.

Es ist daher nicht verwunderlich, dass die Liste der wichtigsten Allergene regional unterschiedlich aussieht. Dies zeigt, dass es weniger auf die Art des Allergens ankommt, sondern nur darauf, dass ein empfänglicher Organismus überhaupt Kontakt zu irgendeiner potentiell allergenen Struktur erhält. In unseren Breiten spielen die Allergene der Hausstaubmilbe (und anderen Milbenarten wie der Mehlmilbe) eine wichtige Rolle, ebenso in den Raum eintretende Blütenpollen, allen voran Hasel/Birke und Gräserpollen. Weiters sind Allergene auf Hautschuppen einzelner Haustiere (Katzen, Hunde) zu nennen. In anderen Kontinenten sind Allergene der Küchenschabe oder auch bestimmter Schimmelpilze bedeutsam.

Insbesondere die Größe der Teilchen, die die Allergene tragen, spielen für die Ausprägung der Allergie eine wichtige Rolle. So sind Blütenpollen in der Regel zu groß, um in tiefe Abschnitte der Atemwege zu gelangen. Sie verursachen daher eher allergische Reaktionen an den oberen Atemwegen (wie Bindehautentzündung, Heuschnupfen). Die Kotbällchen der Milben, an denen die Allergene haften, sind im getrockneten Zustand so fein, dass sie auch in die Lunge gelangen und führen daher auch häufiger zu Asthma.

Innenraumschadstoffe dürften nicht primär allergen wirken, sondern vielmehr allergische Reaktionen fördern (Wichmann und Wahn 2004). In vielen Untersuchungen zeigte sich ein Zusammenhang zwischen Tabakrauch und Asthma; weniger gut belegt sind die Effekte von Stickstoffdioxid (Nutzung von Gasherden ohne Abzug) oder von Formaldehyd. Weiters gibt es Hinweise darauf, dass Lösungsmittel (VOCs) das Risiko für allergische Erkrankungen erhöhen können (Lehmann et al. 2001; DGAI/AWMF 2004). Bereits während der Schwangerschaft dürften VOCs (z.B. aus Renovierungstätigkeiten) das Risiko von Atopie beim Kind erhöhen (UFZ 2003). Auch Verkehrsabgase, speziell Dieselruß, sind mit einem erhöhten Allergierisiko assoziiert (DGAI/AWMF 2004, Fahy et al. 2002, Krämer et al. 2000, Studnicka et al. 1997).

Von Bedeutung sind auch Innenraumfaktoren wie Temperatur und Feuchte, die Ausstattung mit Teppichen oder das Lüftungs- und Reinigungsverhalten. Die Häufigkeit des Lüftens und die Abdichtung von Wohnungen/Häusern beeinflussen nicht nur die Schadstoff-, sondern auch die Allergenkonzentration in der Wohnung (Hausstaubmilben-, Katzenallergen) (Wichmann und Wahn 2004). Der Einfluss verschiedener Umweltfaktoren auf das Asthma-Risiko wurde beispielsweise vom Salzburger ISAAC-Team (Oberfeld et al. 1999) untersucht. Es fanden sich insbesondere signifikante Einflüsse durch Schimmelpilze, Passivrauch-Belastung, Holzheizung in der Nachbarschaft, Verkehrsdichte (Zahl der LKW in der Straße) und die Stickoxid-Konzentration in der Region.

2.3.2.3 Zunahme der Allergien

Die Frage, was die in den letzten Jahrzehnten beobachtete Zunahme der Allergien bewirkt hat, ist schwer zu beantworten. Unterschiede zwischen Ost- und Westdeutschland, also Bevölkerungsgruppen mit ähnlicher genetischer Veranlagung (mit weniger Allergien in Ostdeutschland und einer Zunahme nach der Wiedervereinigung) oder zwischen Stadt und Land sowie die raschen zeitlichen Änderungen wurden eher hilflos mit "Lebensstilfaktoren" erklärt, wobei aber schon bald auffiel, dass Kinder, die in "keimärmerer" Umgebung aufwachsen

(behütete Einzelkinder) gefährdeter sind als Kinder, die ältere Geschwister haben (Von Mutius et al. 1994). Weiters entwickelten Kinder, die im 1. Lebensjahr Kinderkrippen besuchten (was in der ehemaligen DDR, nicht aber in der BRD weit verbreitet war) seltener Asthma und Heuschnupfen (Krämer et al. 1999).

Versuche an Nagetieren zeigten, dass früher Kontakt mit (harmlosen) Bakterien die Umstellung des Immunsystems kurz nach der Geburt beschleunigen hilft: Während der Schwangerschaft müssen die Immunabwehr von Mutter und Embryo ja gebremst werden, damit es nicht zu gegenseitigen Abstoßungsreaktionen kommt. Nach der Geburt muss das Kind aber rasch eine adäquate Abwehrlage gegen die belebte Umwelt entwickeln. Fehlen die entsprechenden Reize (wobei die ersten offenbar schon kurz vor der Geburt einwirken können), besteht – so die Theorie – bei entsprechender genetische Disposition die Gefahr, dass stattdessen die phylogenetisch ältere IgE-Schiene hochgefahren wird. Im Tierversuch konnte dies auch eindrücklich bis hin zum entsprechenden Zytokinmuster belegt werden.

2.3.2.4 Einflussgrößen auf Allergene in Innenräumen bzw. auf Allergien

Einflussgrößen auf die Konzentration von Milbenallergenen im Hausstaub und in der Raumluft sind in zahlreichen Studien nachgewiesen worden (Bischof 2001). Konsistent konnte nachgewiesen werden, dass sich die der Der-p1-Konzentration¹¹ – nicht jedoch der Der-f1-Konzentration – mit steigender relativer Feuchte erhöht. Die gleiche Tendenz zeigt die Analyse der Differenz der absoluten Feuchte innen/außen (Gross et al. 2000). Signifikant höhere Konzentrationen von Milbenallergenen wurden in Erdgeschosswohnungen gemessen. Eine erhöhte Konzentration von Milbenallergenen weisen auch, wenn auch nicht konsistent, Haushalte mit Hunden auf (Gross et al. 2000).

Allergene von Haustieren (Hund, Katze) kommen prinzipiell in Wohnungen vor, wo diese gehalten werden. Die Haare und Hautschuppen, die diese Allergene tragen, sind jedoch so mobil, dass sie von dort auch in Nachbarwohnungen, Klassenzimmer und andere Räume vertragen werden und diese Allergene können im Hausstaub lange persistieren.

Die Deutsche Gesellschaft für Allergologie und klinische Immunologie (DGAI) hat Empfehlungen zur Allergieprävention veröffentlicht (DGAI/AWMF 2004). In diesen Leitlinien heißt es unter anderem:

"Hausstaubmilben: Für Risikopopulationen kann die Reduktion der Exposition gegenüber Hausstaubmilbenallergenen das Allergierisiko senken. Eine effektive Maßnahme ist hier im Sinne der Sekundärprävention das Encasing der Matratze.

Schimmel und Feuchtigkeit: Ein Innenraumklima, das Schimmelpilzwachstum begünstigt (hohe Luftfeuchtigkeit, mangelnde Ventilation) sollte zur Allergieprävention vermieden werden. Sinnvolle Maßnahmen zur Vermeidung und Sanierung sind im "Leitfaden zur Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen" des Umweltbundesamtes enthalten.

¹¹ Der p1 = Abkürzung für das Hauptallergen (darum 1) von *Dermatophagoides pteronyssinus* (Hausstaubmilbe).

Der f1 = Abkürzung für das Hauptallergen der *Dermatophagoides farinae* (Mehlstaubmilbe). Beide kommen im Hausstaub vor, letztere v.a. in Mehlstaub z.B. in Mühlen und Bäckereien. Es bestehen häufig Kreuzallergien.

Rauchverhalten der Mutter, des Vaters und Passivrauchexposition: Aktive und passive Exposition gegenüber Tabakrauch erhöht das Allergierisiko (insbesondere das Asthmarisiko) und ist zu vermeiden. Dies gilt auch während der Schwangerschaft.

Heftig diskutiert wurde in den letzten Jahren die Frage, ob Katzenhaltung in der frühen Kindheit das Risiko für Allergien erhöht oder verringert (Braun-Fahländer 2003b). Die Stellungnahme der DGAI (2004) dazu lautet folgendermaßen:

"Für Personen ohne erhöhtes Allergierisiko besteht nach der gegenwärtigen Datenlage kein Grund für eine Empfehlung zur Einschränkung der Haustierhaltung aus Präventionsgründen. Bislang liegt keine ausreichende 'Evidenz' vor, die eine völlige Abkehr von den bisherigen Präventionsempfehlungen für Risikopopulationen begründen könnte. Folgende differenzierten Aussagen können begründet werden:

- Die Anschaffung von Felltieren als Präventionsmaßnahme ist nicht zu empfehlen.
- Frühe Hundehaltung ist nach den vorliegenden Daten nicht mit einem höheren Allergierisiko verbunden.
- Bei der Katzenhaltung überwiegen die Studien, die in der Haltung einen Risikofaktor sehen. Deshalb sollte in Risikopopulationen die Katzenhaltung vermieden werden.
- Diese gilt auch für die Haltung von Nagetieren (Kaninchen, Meerschweinchen)."

Weiters konnte Konsens unter anderem dahingehend erzielt werden, dass alle Kinder, auch Allergiefährdete, die empfohlenen Impfungen erhalten sollen. Zum Thema "Training des Immunsystems" heißt es: "Es gibt Hinweise darauf, dass eine frühzeitige unspezifische Immunstimulation vor der Entwicklung allergischer Erkrankungen schützen kann. Hierzu zählen eine ländliche Wohnumgebung, der Besuch der Kindertagesstätte in den ersten 2 Lebensjahren und eine größere Geschwisterzahl. Es lassen sich aber noch keine Empfehlungen dazu ableiten. Zusätzlich gibt es erste Hinweise darauf, dass die Gabe von Lactobacillus GG präventive Effekte zeigt. Weitere Präventionsstudien müssen zeigen, ob sich hieraus eine einfache und wirkungsvolle Präventionsempfehlung ableiten lässt" (DGAI/AWMF 2004).

Ob frühkindliche Infekte vor Allergien schützen können, ist umstritten. In einer aktuellen dänischen Studie an über 24.000 Kindern wurde zwar eine Schutzwirkung (in Bezug auf atopische Dermatitis = Neurodermitis) von Haustieren, Geschwistern, dem Besuch von Tagesstätten und einem Leben auf dem Bauernhof gefunden, nicht aber von Infektionskrankheiten in den ersten 6 Lebensmonaten (Benn et al. 2004).

2.3.2.5 Richt- und Orientierungswerte für Allergene

Tab. 2.22: Orientierungswerte für Milbenallergenkonzentrationen im Hausstaub Hamburger und Erfurter Wohnungen (Jacob et al. 1999)

β-(1,3)-Glucan	Konzentrationsangaben Der p1 [mg/kg]		Konzentrationsangaben Der f1 [mg/kg]	
	Erfurt	Hamburg	Erfurt	Hamburg
N	597	578	597	578
Geometrisches Mittel	0,036	0,111	0,087	0,414
25. Perzentil	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,06
Median	< 0,01	0,09	0,06	0,48
75. Perzentil	0,18	1,00	0,67	3,00
Maximum	133	345	825	1.255

Allerdings zeigten sich nicht in allen Studien Unterschiede zwischen West- und Ostdeutschland (Hirsch 1999).

2.3.3 Schimmelpilze

2.3.3.1 Eigenschaften und Vorkommen

Schimmelpilze wachsen überall im Boden, solange Nährstoffe vorhanden sind und sie nicht durch Hemmsubstanzen, konkurrierende Arten oder ungeeignete physikalische Bedingungen daran gehindert werden (Reiss 1986). Sie leben saprophytisch, d.h. von totem organischen Material und sind besonders in der obersten Bodenschichten und in Waldböden weit verbreitet. Vom Boden aus können Schimmelpilze dank überreich gebildeter Sporen, die in die Luft gelangen, neue Lebensräume besiedeln.

Das Vorkommen von Schimmelpilzen¹² in der Außenluft unterliegt jahreszeitlichen Schwankungen: In den Wintermonaten liegen die Schimmelpilzkonzentrationen in der Außenluft bei einigen hundert Keimen pro Kubikmeter. Die höchsten Konzentrationen werden im Spätsommer gemessen und erreichen Werte bis weit über 100.000 Keime pro Kubikmeter (Gubler 1990). Die Lebensdauer und damit auch die Konzentration der Schimmelpilze in der Luft ist von der Temperatur, der relativen Luftfeuchtigkeit und der Sonneneinstrahlung abhängig. Vor allem in trockenen Sommermonaten werden viele Sporen gebildet und durch Luftbewegungen oder durch Nebeltröpfchen abgelöst und über weite Strecken transportiert, bevor sie aufgrund ihrer Dichte auf neue Substrate sedimentieren. Manche Schimmelpilze sind fähig, ihre Sporen aktiv wegzuschleudern.

Schimmelpilze kommen ubiquitär vor. Neben dem (jahreszeitlichen) Einfluss aus der Umgebungsluft sind jedoch in Einzelfällen Innenraumquellen bedeutend (Hutter et al. 2002b).

¹² Der Begriff "Schimmelpilze" wird im Zusammenhang mit Luft meist für Pilzsporen und nahezu nie für Pilzhyphen verwendet (Kraus 2004).

Die Pilzsporenkonzentration in der Innenraumluft ist abhängig von (Schneiders 1994):

- den Schimmelpilzkonzentrationen in der Außenluft,
- dem Wohnverhalten (unzureichende Beheizung und falsches Lüftungsverhalten), Belegung und Raumnutzung,
- den bauphysikalischen Gegebenheiten (Wärmebrücken, aufsteigende Feuchte etc.).

In Gebäuden mit Feuchtigkeitsproblemen oder Wasserschäden bzw. bei Gebäuden mit bauphysikalischen und konstruktiven Mängeln (Kondensation durch unzureichende Wärmedämmung, Diffusionssperren, Kältebrücken etc.) können sich vermehrt Schimmelpilzsporen ansiedeln, sich zu Schimmelpilzen entwickeln und erneut Sporen produzieren.

Die Konzentrationen von Schimmelpilzsporen in der Innenraumluft liegen in der Regel deutlich tiefer als in der Außenluft. Die Werte schwanken in der Regel zwischen weniger als 10 und einigen tausend Keimen pro Kubikmeter (ECA 1993a).

Raumlufttechnische Anlagen, insbesondere Luftwäscher und –befeuchter können ebenfalls Quellen und Verbreitungswege für Schimmelpilzsporen in der Innenraumluft darstellen (Flannigan 1996).

2.3.3.2 Einflussfaktoren für mikrobielles Wachstum

Einflussfaktor Temperatur: Für die meisten Bodenbakterien und Schimmelpilze liegt der bevorzugte Temperaturbereich im mesophilen Bereich zwischen 20 und 35°C. Viele Schimmelpilze und einige Bakterien wachsen jedoch noch bei wesentlich tieferen Temperaturen (bis 0°C), andere Pilze und Bakterien vertragen auch höhere Temperaturen (bis 40°C), thermophile Bakterien sogar Temperaturen bis weit über 60°C. Die von den Pilzen gebildeten Sporen sind äußerst kälte- und zum Teil auch hitzeresistent.

Tab. 2.23: Wachstumstemperaturen mesophiler, thermotoleranter und thermophiler Schimmelpilze (UBA 2002)

Bezeichnung	Wachstumstemperatur °C		
	Minimum	Optimum	Maximum
Mesophile Schimmelpilze	0-5	25-35	Ca. 40
Thermotolerante Schimmelpilze	0-5	30-40	Ca. 50
Thermophile Schimmelpilze	20-25	35-55	Ca. 60

Einflussfaktor Feuchte: Für die Entwicklung von Schimmelpilzen und Bakterien ist die Verfügbarkeit von Wasser ein wichtiger Faktor, wobei nicht der totale Wassergehalt, sondern die für die Organismen zur Verfügung stehende Feuchte ausschlaggebend ist. Pilze können sowohl vom Substrat als auch aus der Luft Wasser bzw. Wasserdampf entnehmen.

Die verfügbare Wassermenge ist abhängig von Temperatur, pH-Wert und chemischer Zusammensetzung des Substrats (Reiss 1986, Flannigan und Morey 1996). Es ist ein indirekter Zusammenhang zur Luftfeuchtigkeit gegeben, denn bei hoher Luftfeuchtigkeit und hoher Lufttemperatur entsteht in größerem Ausmaß Kondenswasser, sobald warme, feuchte Luft auf eine kältere Oberfläche trifft.

Einflussfaktor pH-Wert: Der optimale pH-Bereich des Substrats liegt für Schimmelpilze im leicht sauren Milieu (pH 4,5-6,5), die Extremwerte liegen bei pH 2 und pH 8. Bakterien be-

vorzugen im Allgemeinen ein leicht alkalisches Milieu, es gibt aber auch einige säuretolerante Bakterien. Viele Organismen verändern durch ihre Ausscheidung von Stoffwechselprodukten den pH-Wert ihres Substrats.

Einflussfaktor Substrat: Schimmelpilze und die meisten Bakterien sind heterotroph, d.h. sie sind auf das Vorhandensein von Kohlenstoffverbindungen angewiesen. Besonders geeignet sind wasserlösliche Verbindungen geringer Molekülmasse. Ein Mangel an Spurenelementen (Zn, Fe, Cu, etc.) führt zu Wachstumsverzögerungen und Abnormalitäten. Viele Organismen sind in der Lage auch komplexe Baustoffe wie Proteine, Lipide, Stärke, etc. anzugreifen oder sogar abzubauen. In experimentellen Versuchen wurde gezeigt, dass Mikroorganismen unter günstigen Bedingungen (hohe Luftfeuchtigkeit) Beton als Substrat nützen können, weil die von den Organismen ausgeschiedenen Säuren das kohlenstoffhaltige Material abbauen. Im Unterschied dazu sind die reinen Polymere in Kunststoffen viel widerstandsfähiger, aber viele Zusatzstoffe wie Weichmacher, Emulgatoren und Füllstoffe können abgebaut werden, was zu einer Verminderung der Reiß-, Zug- und Biegefestigkeit der Kunststoffe führen kann.

Tab. 2.24: Einstufung verschiedener Materialien in Substratgruppen (Sedlbauer 2001)

Angaben zu den oberflächennahen Bauteilschichten		Zuordnung zur Substratgruppe in Abhängigkeit vom Verschmutzungsgrad ^a	
Substratgruppe ^b	Typische Repräsentanten	nicht	stark
0 optimaler Nährboden	biologische Vollmedien	0	0
I biologisch gut verwertbare Substrate ^c	Tapeten, Gipskarton, Bauprodukte aus gut abbaubaren Rohstoffen, Material für dauerelastische Fugen	I	I
II biologisch kaum verwertbare Substrate	Putze, mineralische Baustoffe, manche Hölzer, Dämmstoffe, die nicht unter I fallen	II	I
III inerte Substrate ^d	Metalle, Folien, Gläser, Fliese	III	I

^a Der Verschmutzungsgrad wird in nicht verunreinigt ("nicht") und stark verunreinigt ("stark") eingeteilt.

^b Je nach Grad der Verschmutzung kann sich die Einstufung in eine tiefere Substratgruppe verschieben.

^c Entweder können diese Substrate biologisch verwertbare Einlagerungen besitzen oder sie werden abgebaut.

^d Diese Substrate können weder abgebaut werden noch enthalten sie Nährstoffe.

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die verschiedenen Einflussgrößen:

Tab. 2.25: Übersicht der unterschiedlichen Einflussfaktoren auf das Wachstum von Schimmelpilzen auf Baustoffen (Sedlbauer 2001)

Einflussgröße	Parameter	Einheit	Wachstumsbereich		Bemerkungen
			Minimal	maximal	
Temperatur	Temperatur an der Bauteiloberfläche	°C	-8	60	Hängt von der Pilzart und dem Lebensstadium (Sporenceimung oder Myzelwachstum) ab
Feuchte	Relative Feuchte an der Bauteiloberfläche	%	70 ^a	100	
Substrat	Nährstoffe und Salzgehalt	-	-	-	Auch in Staubablagerungen können Nährstoffe gefunden werden
Milieu	pH-Wert der Oberfläche	-	2	11	^b

- a Bekannt sind auch Schimmelpilze (Xeromyces), die auf Gebäck schon ab 45% relativer Feuchte wachsen.
- b Der zulässige pH-Wert kann ggf. vom Pilz beeinflusst werden.

Zur Vorhersage einer Schimmelpilzbildung auf Bauprodukten wurde in den letzten Jahren ein Isoplethenmodell entwickelt, das Sporenauskeimungszeiten bzw. Wachstumsraten in Abhängigkeit von Temperatur und relativer Feuchte beschreibt. Die Isoplethen unterscheiden sich je nach Spezies erheblich und sind substratspezifisch.

Abb. 2.3: Verallgemeinerte Isoplethensysteme für Sporenauskeimung und Myzelwachstum (Sedlbauer 2001)

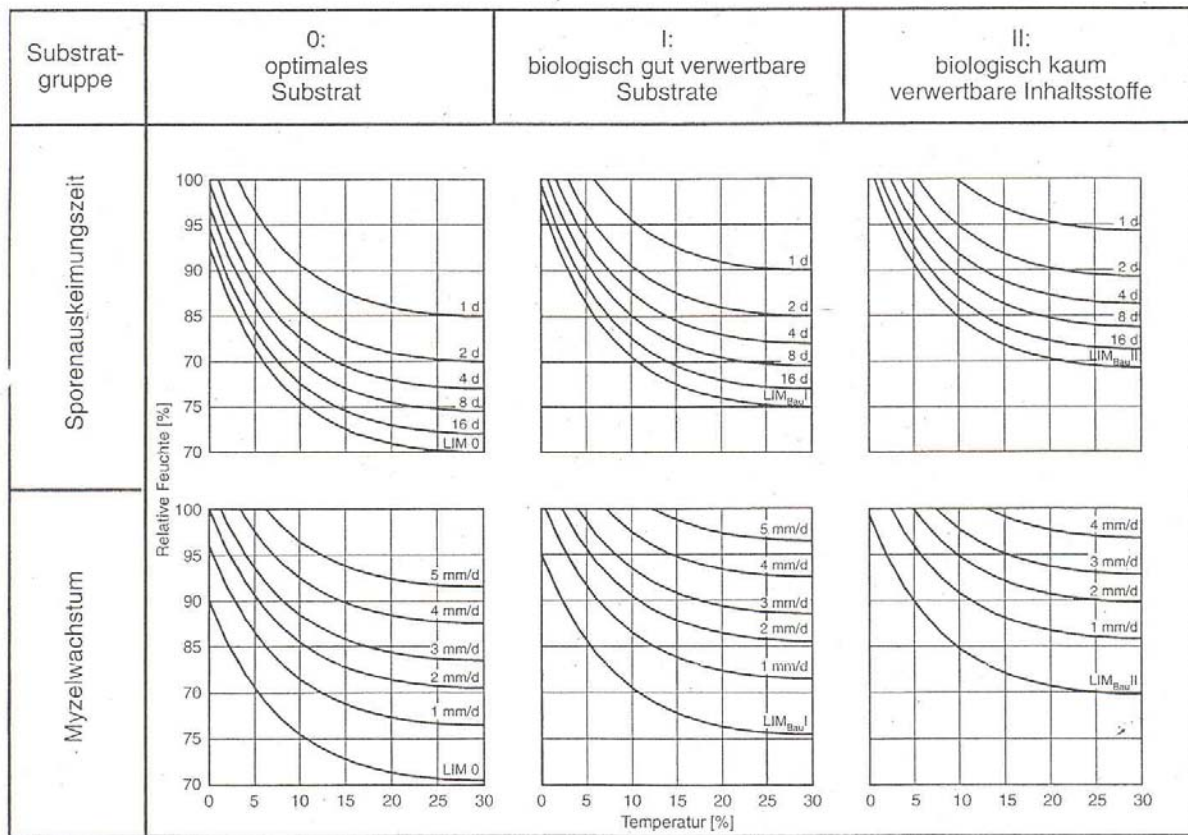


Bild 1. Verallgemeinerte Isoplethensysteme für Sporenauskeimung (Bild oben) und Myzelwachstum (Bild unten) nach [1] für alle in Gebäuden auftretenden Schimmelpilze auf optimalen Nährboden (links), biologisch verwertbarem Substrat (mittig) und Substrat ohne verwertbare Inhaltsstoffe (rechts). Die Lage des Lowest Isopleth for Mould (LIM) stellt die unterste Grenze der biologischen Aktivität dar. Die angegebene Zahl der Tage charakterisiert die Zeitdauer, nach welcher erste Auskeimungen auftreten (Bild oben) bzw. das zu erwartende Wachstum in mm/d (Bild unten).

2.3.3.3 Gesundheitliche Auswirkungen

Nur wenige Schimmelpilze sind als humanpathogen einzustufen und die wenigsten davon sind obligat pathogen, also krankmachend. Die meisten sind Opportunisten, d.h. sie leben als Saprophyten auf totem organischen Material und wirken nur unter bestimmten Bedingungen pathogen. Verschiedene Vertreter von *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor* und *Rhizopus* sind auf den Schleimhäuten von gesunden Menschen anzutreffen. Infektionen werden nur hervorgerufen, wenn der Abwehrmechanismus des Körpers durch eine Krankheit geschwächt ist (z.B. bei PatientInnen nach Organtransplantationen oder in der Chemotherapie, bei AIDS-Kranken).

Viele verschiedene Pilze sind als Allergene bekannt (Kersten und von Wahl 1989). Allergene Pilze, die häufig in Wohnungen nachgewiesen werden, sind *Cladosporium* (häufigster Pilz in der Außenluft), *Alternaria* (in Außenluft und feuchten Häusern weit verbreitet), *Aspergillus* (sehr anspruchslos) und *Penicillium* (sehr anspruchslos). Die Pilze können große Mengen an Sporen in die Umgebung abgeben. Diese können ähnlich wie Staub auf Schleimhäuten sedimentieren oder eingeatmet werden, was die Entwicklung von allergischen Reaktionen bewirken kann. Verschiedene Typen von Allergien sind dabei möglich: IgE-vermittelte Typ I-Allergie (Soforttyp), IgG-assoziierte Typ III-Allergie (allergische Alveolitis), zellvermittelte Typ IV-Allergie (Spättyp).

Unter der Einwirkung von schimmelpilzhaltigen Aerosolen werden kurzfristig auftretende Entzündungen von Haut, Bindehaut und Schleimhäuten (Douwes et al. 1997) beschrieben. In feuchten, Schimmelpilz-befallenen Gebäuden werden Sick-Building-Beschwerden wie Ausschläge, Juckreiz, Nasenbluten, Husten und Kopfschmerzen (Davis 2001) ebenso geschildert wie Magen-Darm-Probleme und ZNS-Symptomatiken (Schwindel, Übelkeit, Konzentrationsschwäche, Müdigkeit).

In zahlreichen epidemiologischen Studien wurden in Wohnungen mit sichtbaren Anzeichen für Schimmelbefall erhöhte Raten an Schleimhautreizungen und Atemwegserkrankungen nachgewiesen. BewohnerInnen von Wohnungen mit Schimmelpilzbefall leiden doppelt so häufig an Husten, pfeifender Atmung und Asthma wie Menschen ohne Schimmel in der Wohnung (Bornehag et al. 2001). Es können auch grippeähnliche Symptome mit Fieber auftreten. Vor allem Kinder leider häufiger und länger an Sekundärinfektionen.

Als ursächliche Faktoren kommen Allergene, Zellwandbestandteile und Stoffwechselprodukte von Schimmelpilzen in Frage. Die Symptome sind zunächst reversibel, bei wiederholter bzw. langandauernder Belastung kann sich jedoch eine bronchiale Hyperreagibilität entwickeln (Ärztinnen und Ärzte für eine gesunde Umwelt 2003).

2.3.3.4 Mykotoxine

Es gibt auch Vergiftungskrankheiten, sogenannte Mykotoxikosen, die durch giftige Stoffwechselprodukte hervorgerufen werden (Reiss 1986). Vertreter der Gattung *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Alternaria* und *Stachybotrys* können solche Toxine bilden (Mykotoxikosen durch z.B. *Stachybotrys*).

2.3.3.5 β -1,3-Glucan

Auch Abbauprodukte von Schimmelpilzen können in die Luft gelangen und zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen. β -(1,3)-Glucane sind Polysaccharide, die in Zellwänden der meisten Schimmelpilze und Hefen, einiger Bakterien sowie vieler Pflanzen vorkommen (Bischof 2001). Sie können Entzündungsreaktionen hervorrufen und es wird vermutet, dass dadurch innenraumassoziierte respiratorische Symptome bei Kindern und Erwachsenen ausgelöst werden können (Rylander 1998). Es wurde nachgewiesen, dass sich die Konzentrationen an β -1,3-Glucan im Hausstaub um mehrere Größenordnungen unterscheiden können (Douwes et al. 1998, Gehring et al. 2001).

Identifizierte Einflussgrößen auf die Konzentration von β -1,3-Glucan im Hausstaub sind u.a. sichtbarer Schimmelbefall und höhere Feuchten (Gehring et al. 2001, Rylander und Fogelmark 1997).

2.3.3.6 MVOC

Zu den Stoffwechselprodukten, die von Schimmelpilzen an die Luft abgegeben werden, zählen auch flüchtige organische Verbindungen (MVOC = Microbial Volatile Organic Compounds). Diese Möglichkeit besteht auch bei Luft, die keine lebensfähigen Sporen beinhaltet. Von den MVOC sind viele für Schimmelpilze spezifisch. Sie gleichen in Struktur und relativer Molekularmasse zum Teil flüchtigen organischen Verbindungen (VOC), wie sie auch von Baumaterialien und Einrichtungsgegenständen abgegeben werden können. MVOC-Verbindungen kommen in Innenräumen in der Regel in deutlich geringeren Konzentrationen vor als VOC. Dennoch lassen sich diese Verbindungen aufgrund ihrer geringen Geruchsschwelle oft wahrnehmen.

Trotz der absolut betrachtet niedrigen Konzentrationen von MVOC-Verbindungen in der Raumluft können nach dem bisherigen Stand der Erkenntnisse diese Substanzen durchaus als Indikatoren zur Beurteilung für das Vorliegen eines Schimmelwachstums dienen. Als beste Indikatoren für einen mikrobiellen Befall gelten die Verbindungen 3-Methylfuran, 3-Methyl-1-butanol, Dimethyldisulfid, 1-Octen-3-ol und 3-Octanon, weniger spezifische Indikatoren sind Hexanon, Heptanon, 1-Butanol und Isobutanol, da letztgenannte Verbindungen auch aus Bauprodukten oder Farben ausgasen können (UBA 2002). Ob sich MVOC tatsächlich zur sicheren Identifizierung eines Schimmelfefalls eignen, wird kontroversiell diskutiert (Schleibinger et al. 2004).

Die Mehrzahl der MVOC-Verbindungen weist Doppelbindungen, konjugierte Carbonylverbindungen und/oder OH-Gruppen auf, von denen bekannt ist, dass die menschliche Nase empfindlich darauf reagiert. Dies bedeutet, dass die als Indikatoren eines Schimmelpilzwachstums bekannten Stoffe in der Mehrzahl selbst in einem niedrigen Konzentrationsbereich schon geruchlich wahrgenommen werden können, was daraus entstehende Reaktionen möglich macht.

In der Literatur zu MVOC-Messungen werden auch Fälle erwähnt, bei denen trotz eines offen sichtbaren Schimmelpilzbefalls keine signifikant erhöhten Raumluftkonzentrationen von MVOC-Verbindungen ermittelt werden konnten. Ebenso sind Fälle dokumentiert, in denen bei Vorliegen erhöhter Konzentrationen ein Befall nicht lokalisiert werden konnte.

Die oft geäußerte Vermutung, dass die mikrobiell produzierten flüchtigen organischen Substanzen eine besondere Toxizität aufweisen und in den genannten Konzentrationsbereichen bereits Befindlichkeitsstörungen hervorrufen sollen, kann nach Vergleich mit vorliegenden Literaturwerten sowie im Vergleich mit bekannten Bewertungskriterien von flüchtigen organischen Substanzen aus Baustoffen (VOC) nach dem heutigen Stand des Wissens nicht abgeleitet werden. Es gibt keinen Grund, dass MVOC-Verbindungen ein toxikologisch wesentlich effektiveres Wirkungspotenzial als VOCs aus Baustoffen aufweisen sollten. Die Entstehung von gesundheitlichen Beeinträchtigungen durch schimmeltypische Gerüche sind jedoch nicht auszuschließen (Keller et al. 1998a).

2.3.3.7 Richt- und Orientierungswerte für Schimmelpilze

Die Kommission der EU gibt Referenzwerte für mit Anderson-Samplern gemessene Werte an, wobei die Klassifizierung auf üblicherweise in Innenräumen feststellbaren Konzentrationen basiert und keine gesundheitliche Bewertung darstellt.

Tab. 2.26: Erfahrungswerte für die Beurteilung von Gesamtkeimzahlen von Pilzsporen in Innenräumen nach ECA (1993)

Kategorie	Sporenkonzentration in KBE/m ³ *	
	Wohnungen	Büroräume
Sehr niedrig	< 50	< 25
Niedrig	50-200	25-100
Mittel	200-1000	100-500
Hoch	1000-10000	500-2000
Sehr hoch	> 10000	> 2000

* koloniebildende Einheiten pro Kubikmeter Luft

Tab. 2.27: Orientierungswerte für β -(1,3)-Glucan im Hausstaub Hamburger und Erfurter Wohnungen (Gehring et al. 2001)

β -(1,3)-Glucan	Konzentrationsangaben [$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	Konzentrationsangaben [mg/kg]
n	395	395
Geometrisches Mittel	1.197	1.711
5. Perzentil	134	489
25. Perzentil	742	1.295
Median	1.249	1.830
75. Perzentil	2.183	2.519
95. Perzentil	10.817	4.065

2.3.4 Bakterien

2.3.4.1 Bakterien: Eigenschaften und Vorkommen

Bakterien leben im Boden, im Wasser, in totem organischen Materialien sowie als Symbionten und Parasiten in Pflanzen, Menschen und Tieren.

Die Außenluft bildet keinen Lebensraum für Bakterien, aber durch menschliche Aktivitäten und Windstöße können sie an Wassertröpfchen und Partikel gebunden in die Luft gelangen und verbreitet werden. Die Konzentrationen liegen zwischen ein paar vereinzelt und einigen hundert Keimen pro Kubikmeter (ECA 1993a).

Bakterienquellen in der Innenraumluft sind vorwiegend Menschen und Tiere. Besonders beim Niesen und Husten, aber auch beim Sprechen werden viele Bakterien freigesetzt. Aufgewirbelter Staub und Hautschuppen enthalten ebenfalls Bakterien. Die Keimkonzentration kann sehr stark schwanken und befindet sich im Bereich von 10 bis 10.000 Keimen pro Kubikmeter.

Grosse Bakterienmengen können auch durch Luftbefeuchter, die nach dem Zerstäuber- und Luftwäscherprinzip konzipiert sind, in die Luft gelangen.

2.3.4.2 Bakterien: Gesundheitliche Auswirkungen

In der Regel zählen die in der Raumluft nachweisbaren Bakterienarten nicht zu den bekannten Krankheitserregern. Da viele bakterielle Infektionserkrankungen aber über den Atemtrakt aufgenommen werden, müssen die Erreger zumindest kurzfristig in der näheren Umgebung von Erkrankten bzw. von Keimträgern auch in der Raumluft vorhanden sein und überleben können. Die meisten Krankheitserreger sind jedoch nicht sehr resistent gegenüber Austrocknung. In Räumen sind sie jedoch zumindest vor dem UV-Licht der Sonne weitgehend geschützt, so dass sie dort eventuell etwas länger als an der Außenluft infektiös bleiben können.

In der Innenraumluft überwiegen die gram-positiven¹³ Kokken¹⁴, die meist harmlose Kommensalen (Mitbewohner) sind und auf der Haut oder Schleimhaut von Menschen und Tieren leben. Nur sehr wenige Vertreter dieser Gruppe wie *Staphylococcus aureus* und einige *Streptococccen*-Arten sind Auslöser von Infektionskrankheiten.

Die häufigsten gram-positiven Stäbchen¹⁵ gehören zu den Gattungen *Bacillus* und *Corynebacterium* und sind in der Natur, vorwiegend im Boden weit verbreitet. Gewisse *Corynebacterien* besiedeln auch die Haut und Schleimhäute von Menschen und Tieren. Die meisten gram-positiven Stäbchen sind harmlose Kommensalen des Menschen, nur wenige *Bacillus*- und *Corynebacterium*-Arten können pathogen wirken.

In der Medizin sind vor allem gram-negative Stäbchen von Bedeutung. Die *Enterobacterien* haben ihre natürlichen Habitate im Darmtrakt von Menschen und Tieren und gehören zu den wichtigsten Erregern von Durchfallserkrankungen (in der Raumluft werden die pathogenen Arten aber kaum gefunden, Übertragung erfolgt doch eher durch Schmierinfektion). Manche können fakultativ pathogen wirken, wenn der Wirtsorganismus eine Abwehrschwäche aufweist (*Citrobacter*, *Serratia*, *Aeromonas*, ...).

Ein gram-negatives Bakterium, das häufig mit Kontaminationen in Lüftungsanlagen in Verbindung gebracht wird, ist *Legionella pneumophila*. Legionellen sind ein natürlicher Bestandteil der Mikroflora des Wassers. In wasserführenden haustechnischen Anlagen können sich Legionellen in Gegenwart anderer Organismen und organischer Substanzen vermehren (bei Temperaturen bis 50°C). Bei Inhalation von legionellenhaltigen Aerosolen kann es zu der schwerwiegenden Legionärskrankheit oder zum mildereren Pontiac-Fieber kommen (Ärztinnen und Ärzte für eine gesunde Umwelt 2003).

In der Innenraumluft sind gram-negative Bakterien meist nur in geringen Konzentrationen nachweisbar.

2.3.4.3 Endotoxine

Die Ursache für Endotoxine liegt bei Gram-negativen Bakterien, deren äußere Zellmembran Endotoxine (Lipopolysaccharide, LPS) beinhalten kann. Es wurde nachgewiesen, dass die Endotoxin-Konzentration im Hausstaub von Wohnungen unter anderem bei Vorhandensein folgender Faktoren erhöht ist (Bischof et al. 2002; Heinrich et al. 2001; Wickens et al. 2003):

- Ältere Gebäude,
- Längere Bewohndauer,
- Stärkere Benützung der Wohnung,
- Unregelmäßige Reinigung von Teppichen,
- Kein Wissen über Lüftung,
- Halten von Katzen und Hunden,
- Anwesenheit von Mäusen,

¹³ Gram-positive Bakterien haben eine Zellwand, die aus bis zu 40 Schichten Murein besteht. Gram-negative Bakterien haben nur eine einzelne Schicht Murein. Die Unterscheidung zwischen Gram-positiven und Gram-negativen Bakterien erfolgt mittels Gram-Färbung.

¹⁴ Kokken – kugelförmige Zellen; Form der Bakterien, wird als morphologisches Kriterium zur Identifizierung herangezogen

¹⁵ Stäbchen – längliche Zellform; Form der Bakterien, wird als morphologisches Kriterium zur Identifizierung herangezogen

- Höhere Luftfeuchtigkeit und schlechtere Isolierung.

Insgesamt wurde geschlossen, dass hohe Endotoxin-Konzentrationen im Hausstaub von Wohnungen ein Indikator für unhygienische Verhältnisse sind.

Erhöhte Endotoxinkonzentrationen in der Luft können auch durch Luftbefeuchter-Reservoirs oder andere stehende Wasseransammlungen verursacht werden (Ärztinnen und Ärzte für eine gesunde Umwelt 2003).

Wenn Endotoxine (in Form von Bakterien, Zellwandfragmenten oder freien Makromolekülen) eingeatmet werden, wirken diese Lipopolysaccharide toxisch, was zu Fieber, Übelkeit, Atemwegserkrankungen, Schock und in einzelnen Fällen zum Tod führen kann. (Ärztinnen und Ärzte für eine gesunde Umwelt 2003, Michel et al. 1996, Björnsson et al 1995).

In den letzten Jahren wurde auch viel über eventuelle positive Effekte von Endotoxinen diskutiert (Schutz vor Allergien).

2.3.5 Anthropogene Luftverunreinigung

2.3.5.1 Eigenschaften und Vorkommen

Der Mensch selbst stellt mit seinen verschiedenen Exhalationsprodukten und Ausdünstungen eine maßgebliche Quelle verschiedener Luftverunreinigungen im Innenraum dar. Dabei handelt es sich in der Hauptsache um flüchtige bis stark flüchtige organische Verbindungen wie Aceton, Buttersäure, Ethanol und Methanol. Als wichtige Komponenten der Körperausdünstungen, die sich in der Innenraumluft in relevanten Konzentrationen finden, wurden z.B. die folgenden Stoffe festgestellt: Acetaldehyd, Allylalkohol, Essigsäure, Amylalkohol, Diethylketon, Phenol. Insgesamt wurden durchschnittlich 14,8 mg/h an flüchtigen organischen Substanzen je Person freigesetzt (Wang 1975).

Kohlenstoffdioxid (CO₂) gilt deshalb als Leitparameter für von Menschen verursachte Luftverunreinigungen, da der Anstieg der durch die menschliche Atmung verursachten CO₂-Konzentration in Innenräumen gut mit dem Anstieg der Geruchsintensität menschlicher Ausdünstungen korreliert. Die Konzentration von Kohlenstoffdioxid (CO₂) in Innenräumen dient vor allem als allgemeiner Indikator für die Gesamtmenge der vom Menschen abgegebenen organischen Emissionen und Geruchsstoffe. Als Produkt der menschlichen Atmung ist der CO₂-Gehalt der Innenraumluft daher unmittelbar Ausdruck der Intensität der Nutzung eines Raumes.

Die von Menschen abgegebene CO₂-Menge korreliert nicht nur mit der Geruchsintensität von menschlichen Ausdünstungen, sondern auch direkt mit der Menge an flüchtigen organischen Verbindungen, die wiederum – zumindest zum Teil – als Träger des vom Körper ausgehenden Geruchs angesehen werden können.

Wang (1975) untersuchte diese Zusammenhänge in einem Klassenzimmer und stellte fest, dass die vier der Menge nach dominierenden Verbindungen in den Körperausdünstungen etwa zwei Drittel der gesamten Menge an flüchtigen organischen Substanzen ausmachen.

Es wurde vorgeschlagen, die Korrelation zwischen der Menge an CO₂ und der Menge an flüchtigen organischen Substanzen, die von einem Menschen abgegeben werden, zur Bewertung der Raumluftverhältnisse heranzuziehen. Batterman und Peng (1995) haben als Kenngröße für die Innenraumluftverhältnisse einen dimensionslosen Anreicherungsfaktor "VOC-Enrichment Factor" definiert. Die Ermittlung dieser Kenngröße erfordert die zeitgleiche Messung der CO₂-Konzentration und der Konzentration an flüchtigen organischen Substan-

zen (als Summe) in der Innenraum- und in der Umgebungsluft. Die Werte sollen vor allem Hinweise darauf geben, ob die Raumluft im Gebäude eher von biogenen oder abiotischen Quellen geprägt wird. In der Praxis hat dieser Faktor jedoch bis dato keine Bedeutung erlangt.

Die Klassifizierung nach der CO₂-Konzentration hat sich bei Räumen etabliert, in denen Rauchen nicht erlaubt ist und Verunreinigungen hauptsächlich durch den menschlichen Stoffwechsel verursacht werden (ÖNORM prEN 13779 2000).

Die wesentliche Bedeutung des relativ leicht zu ermittelnden Indikators CO₂ liegt darin, dass durch ihn Konzentrationen definiert werden, die einen Hinweis auf hygienisch unzureichende Innenraumluftqualität geben. Er eignet sich neben dieser Funktion als Orientierungsmarke auch für andere Regelungsbereiche, so z.B. für die Dimensionierung von raumluftechnischen Anlagen oder für Lüftungsanweisungen in natürlich belüfteten, dichter belegten Räumen wie Schlafräumen.

2.3.5.2 Der Mensch als Quelle von CO₂ in Innenräumen

In der Innenraumluft liegt die CO₂-Konzentration im Allgemeinen unter 1.000 ppm (1.830 mg/m³) und ist neben der Konzentration in der Außenluft stark von der Belegung des Raumes, der Raumgröße, der Belüftungssituation und anderen Parametern abhängig. Höhere Konzentrationen treten dann auf, wenn sich stärkere Quellen von CO₂ wie Menschen, Haustiere, bzw. technische Anlagen im Raum oder dessen unmittelbarer Umgebung befinden oder wenn im Raum Verbrennungs- oder Gärungsvorgänge stattfinden. Bei unzureichenden Lüftungsverhältnissen oder unter Raumnutzungsbedingungen mit hoher Personenbelegung kann die CO₂-Konzentration in Innenräumen allein durch die von den NutzerInnen ausgeatmeten Mengen bis zu einer Größenordnung von 1 Vol% (10.000 ppm) ansteigen.

Der Mensch ist die bedeutendste Quelle an CO₂ in Innenräumen. Die Literaturangaben der CO₂-Abgabe für erwachsene Personen schwanken in einem relativ weiten Bereich. Das Verhältnis der CO₂-Konzentration in inhalierter zu exhalierter Luft liegt bei ca. 1:140. Je nach Art der Tätigkeit und der körperlichen Anstrengung atmet ein erwachsener Mensch zwischen ca. 10 und 200 Liter/h CO₂ aus (Pluschke 1996).

Tab. 2.28: Literaturangaben für die CO₂-Abgabe von Menschen

Literatur	Einheit	Wert	Anmerkung
Rietschel (1994)	[l/h] *	20,4	Leichte, vorwiegend sitzende Tätigkeit, entspanntes Stehen
	[l/h]	27,2	Stehende Tätigkeit
Witthauer et al. (1993)	[l/h]	12	Ruhiger Zustand
	[l/h]	18	Sitzende Tätigkeit
	[l/h]	180	Schwerarbeit
Recknagel et al. (1999)	[l/h]	20	Leichte, vorwiegend sitzende Tätigkeit
VDI 4300 Bl. 9 (2003) (analog zu 4300 Bl. 7 (2001))	[l/h]	15-20	Sitzende Tätigkeit
	[l/h]	20-40	Leichte Arbeit
	[l/h]	40-70	Mittelschwere Arbeit
	[l/h]	70-110	Schwere Arbeit
ASHRAE (1989)	[l/h]	18	Büroarbeit

* Angaben in Liter CO₂ pro Stunde ohne Bezug

2.3.5.3 Gesundheitliche Auswirkungen

Obwohl CO₂ in den in Innenräumen üblicherweise auftretenden Konzentrationen in der Regel kein unmittelbares Gesundheitsrisiko darstellt, können ab bestimmten Konzentrationen Befindlichkeitsstörungen wie z.B. Beeinträchtigung von Leistungsfähigkeit, Konzentration und Kopfschmerzen auftreten (Müller-Limroth 1977).

Im Körper führt die Exposition gegenüber erhöhten CO₂-Konzentrationen zu einem Anstieg des CO₂-Partialdrucks im Blut. Daraus entwickelt sich über die Hydratation des CO₂ ein Anstieg der H⁺- und HCO₃⁻-Konzentration, der zu einer respiratorischen Azidose führt, wenn die Pufferkapazität im Blut überschritten ist. Dies löst eine schnellere Atmung und eine erhöhte Abgabe des CO₂ aus (pulmonale Kompensation), während parallel das Säure-Basen-Gleichgewicht über die Niere wieder ausgeglichen wird (renale Kompensation) (Pluschke 1996).

Eine Zusammenschau von Studien zu gesundheitlichen Wirkungen und Kohlendioxid zeigte, dass sich in 50% der Untersuchungen mit abnehmender CO₂-Konzentration die sogenannten Sick-Building-Syndrom-assoziierten Beschwerden (z.B. Reizungen und Trockenheit von Schleimhäuten, Müdigkeit, Kopfschmerzen) verringern (Seppänen et al. 1999). In etwa der Hälfte der betrachteten Studien wurden statistisch signifikante, positive Korrelationen mit dem Auftreten einer oder mehr Beschwerden des Sick-Building-Syndroms festgestellt. In keiner einzigen Arbeit nahmen die Symptome mit abnehmender CO₂-Konzentration zu.

Eine amerikanische Studie in Gebäuden mit raumlufttechnischen Anlagen konnte statistisch signifikante, positive Korrelationen zwischen Beschwerden wie z.B. trockene Kehle, Schleimhautreizungen und Anstiegen der CO₂-Konzentrationen nachweisen, dies auch schon im Konzentrationsbereich von unter 1.000 ppm absolut (Apte et al. 2000). Eine Folgestudie mit einer stark erweiterten Datengrundlage lieferte Ergebnisse, die in die gleiche Richtung wiesen. Die Odds-Ratios lagen bei Werten zwischen 1,17 und 1,20 pro 100 ppm CO₂-Anstieg (Erdmann et al. 2002).

Wargocki et al. (2000) setzten Probanden in Prüfräumen unterschiedlichen personenbezogenen Zuluftvolumenströmen aus und befragten sie hinsichtlich Befindlichkeitsstörungen. Es ergab sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen den personenbezogenen Frischluftvolumenströmen und Berichten über diverse Befindlichkeitsstörungen. Höhere Ventilationsraten reduzierten signifikant den Anteil der Personen, die mit der Luftqualität und der Geruchsintensität unzufrieden waren, und erhöhten die subjektiv empfundene Frische der Luft. Weiters reduzierten sie den Anteil der Personen, die ein Gefühl von Trockenheit in Hals und Rachen und das Gefühl, nicht klar denken zu können, angaben. Höhere Ventilationsraten korrelierten mit einem höheren Prozentsatz von Personen, die angaben, sich generell besser zu fühlen.

In einer kanadischen Studie in 52 energieoptimierten Gebäuden mit kontrollierter Wohnraumbelüftung und 53 vergleichbaren, natürlich belüfteten Gebäuden wurde die Häufigkeit von innenraumtypischen Beschwerden wie Reizungen der Kehle, Müdigkeit und Husten unmittelbar nach Bezug des Gebäudes und ein Jahr danach abgefragt (Leech et al. 2004). Es ergaben sich zwischen den beiden Gruppen von Häusern signifikante Unterschiede in den Verringerungen des Auftretens bestimmter innenraumtypischer Beschwerden im Beobachtungszeitraum. Nicht innenraumbezogene Beschwerden wie z.B. Durchfall oder Übelkeit zeigten diese Tendenz nicht. Die Unterschiede wurden von den Autoren auf die verbesserte Belüftung zurückgeführt.

Über die physiologischen Wirkungen erhöhter CO₂-Konzentrationen liegen umfangreiche Erkenntnisse aus der Arbeitsmedizin, aber auch aus luft- und raumfahrtmedizinischen Untersuchungen vor. In den bisher angesprochenen Konzentrationsbereichen deutlich unterhalb von 1 Vol% (10.000 ppm = 18.300 mg/m³) sind keine unmittelbaren physiologischen Wirkungen des CO₂ zu erwarten. Bei hohen Konzentrationen treten Erstickungserscheinungen auf und ab ca. 10 Vol% (100.000 ppm = 183.000 mg/m³) sind Schwindel und Bewusstseinsstörungen dokumentiert, bei noch höheren Konzentrationen tritt vollständige Bewusstlosigkeit ein (Pluschke 1996).

2.3.5.4 Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit

Wargocki et al. (2000) setzten Probanden in Prüfräumen unterschiedlichen personenbezogenen Zuluftvolumenströmen aus und prüften die Leistungsfähigkeit mittels standardisierter Tests. Es wurden die Aufgaben "Rechnen", "Texte korrigieren" und "Texte tippen" untersucht. Es ergab sich bei allen Aufgaben ein Zusammenhang zwischen den personenbezogenen Frischluftvolumenströmen (damit auch indirekt zu den resultierenden Konzentrationen an CO₂) und der Leistungsfähigkeit, der in Bezug auf die Aufgabe "Texte tippen" signifikant war. Die gemessenen Einbußen der Leistungsfähigkeit lagen bei einer Reduktion von 36 m³/Person*Stunde auf 18 m³/Person*Stunde bei etwa 2-4%. Bei 0,1 Vol% (1.000 ppm) empfinden rund 20% der Personen die Raumluft als unbefriedigend (BUWAL 1997). Der Zusammenhang zwischen dem Anteil an Unzufriedenen und der CO₂-Konzentration (als Konzentration über der Außenluftkonzentration) berechnet sich nach folgender Formel (ECA 1992): Ab etwa 700 ppm steigt bei zunehmender Konzentration an CO₂ auch das Risiko, an Beschwerden des Sick-Building Syndroms zu erkranken .

2.3.5.5 Auswirkungen auf die Zufriedenheit mit der Innenraumluft

Bei 0,1 Vol% = 1000 ppm empfinden rund 20% der Personen die Raumluft als unbefriedigend (BUWAL 1997). Dieser Wert entspricht der Pettenkofer-Zahl, die von Pettenkofer (1858) als Richtwert für die maximale CO₂-Konzentration in Wohn- und Aufenthaltsräumen mit 0,1 Vol% CO₂ definiert wurde. Huber und Wanner (1982) nahmen an, dass die Belästi-

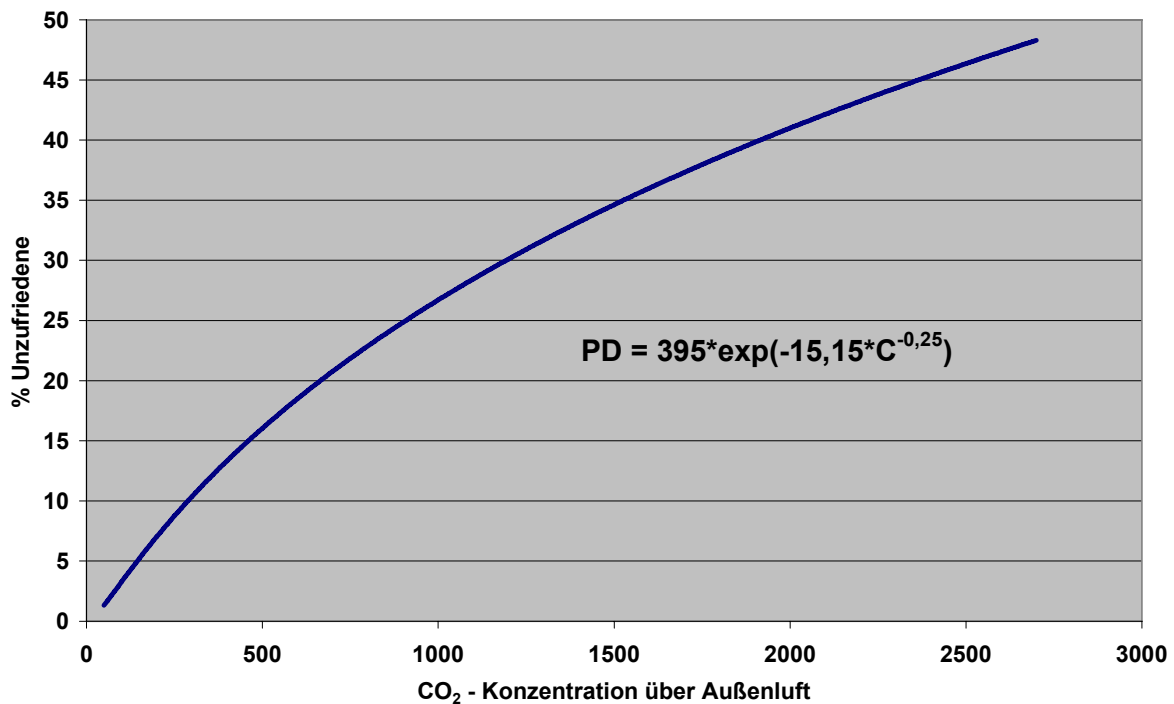
gungsschwelle durch menschliche Ausdünstungen (nicht aber durch Rauchen oder andere Aktivitäten) in etwa mit einer CO₂-Konzentration von 0,15 Vol% zusammenfällt. Eine fixe Grenze, ab wann die Raumluft als unzureichend bezeichnet wird, ist jedoch nicht anzugeben.

Für den Zusammenhang zwischen dem Anteil an Unzufriedenen und der CO₂-Konzentration (als Konzentration über der Außenluftkonzentration) wurde folgende Formel angegeben (ECA 1992):

$$PD = 395 \cdot \exp(-15,15 \cdot C^{-0,25})$$

PD = Anteil der mit der Raumluftqualität Unzufriedenen
C = Konzentration an CO₂ über der Außenluftkonzentration

Abb. 2.4: Die CO₂-Konzentration als Indikator für anthropogene Emissionen (nach ECA 1992)



Rohregger (2004) untersuchte die Zusammenhänge zwischen Situationen mit unterschiedlichen Belüftungsszenarien des Versuchsraumes, der Konzentration an CO₂ und der Zufriedenheit mit der Raumluft bei Erwachsenen bzw. der Schlafqualität – dies allerdings mit einer sehr geringen Probandenzahl. Von allen außer einer Versuchsperson wurde die Luftqualität im mechanisch belüfteten Schlafräum besser empfunden als diejenige ohne Lüftung. Einzelbeispiele aus den Untersuchungen, in denen ein nachweisbarer Unterschied in den Konzentration an CO₂ bestand, zeigten Unterschiede in der nächtlichen Erholung. Weiters wurden die Schlafqualität und die Schlaferholung bei den psychologischen Befragungen bei guter Schlafräumbelüftung besser beurteilt.

2.3.5.6 Richt- und Orientierungswerte

In einer vom Arbeitskreis Innenraumluft entwickelten und vom Umweltministerium und der österreichischen Akademie der Wissenschaften herausgegebenen Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft werden Richtwerte für die Innenraumluft festgelegt (BMLFUW 2004b). Aufgrund der Tatsache, dass keine definierten Grenzen für das Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit beeinträchtigende Konzentrationen an CO₂ vorliegen, sondern steigende Konzentrationen ab etwa 700 ppm zu einer kontinuierlichen Verschlechterungen der Innenraumluftqualität führen, werden in der österreichischen Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft keine Richt-, sondern lediglich Orientierungswerte vorgeschlagen (AK-Innenraumluft 2004b).

Tab. 2.29: Klassifizierung der Innenraumluftqualität und Anforderungen an natürlich und mechanisch belüftete Gebäude in Hinblick auf CO₂ (AK-Innenraumluft 2004b)

Beschreibung der Innenraum-Luftqualität	Beurteilungswert ^a als CO₂-Konzentration über Außenluftwert (in Klammer Absolutwerte ^b)	Mindest- und Zielvorgaben für dauernd von Menschen genutzte, natürlich belüftete Innenräume	Mindest- und Zielvorgaben für dauernd von Menschen genutzte, mechanisch belüftete Innenräume
Hoch	≤ 400 ppm (etwa < 800 ppm absolut)		Zielbereich für die Innenraumluft
Mittel	> 400-600 ppm (etwa 800-1000 ppm absolut)	Zielbereich für die Innenraumluft	Gleitender Stundenmittelwert: < 600 ppm
Mäßig	> 600-1000 ppm (etwa 1000-1400 ppm absolut)	Gleitender Stundenmittelwert: < 1000 ppm	Beurteilungswerte im Beurteilungszeitraum: < 1000 ppm
Niedrig	> 1000-1500 ppm (etwa 1400-1900 ppm absolut)	Beurteilungswerte im Beurteilungszeitraum: < 1500 ppm	Kein Wert im Beurteilungszeitraum
Sehr niedrig	> 1500 ppm (> 1900 ppm absolut)	Kein Wert im Beurteilungszeitraum in diesem Bereich	in diesen Bereichen

^a Der Beurteilungswert stellt die Differenz zwischen CO₂-Konzentration im Innenraum und jeweilig aktueller CO₂-Konzentration in der Außenluft dar

^b abhängig von Außenluftkonzentrationen

3 SCREENING EXISTIERENDER TOOLS

3.1 EINLEITUNG

Für die Bewertung humantoxischer Wirkungen von Bauprodukten stehen eine nicht unerhebliche Anzahl unterschiedlicher Methoden zur Verfügung. Das Spektrum reicht dabei von Messungen der Raumluft, Prüfkammertests, Produktklassierungen¹⁶ und Arbeitsschutztools bis zu Umweltzeichen und Gütesiegeln. Darüber hinaus kommen unterschiedliche Zugänge der Ökobilanzierung (Life Cycle Assessment – LCA) ebenso in Frage, sobald diese die Wirkungskategorie "Humantoxizität" behandeln und damit einen Zugang zu einem Bewertungsschema eröffnen können.

Für die Zulassung und Verarbeitung von Bauprodukten liegt der Schwerpunkt bei der Messung und Bewertung von Emissionen bzw. Inhaltsstoffen oder Produkteigenschaften und es werden funktionale und gesundheitliche Aspekte betont. Bei Umweltzeichen oder Gütesiegeln für Bauprodukte werden in unterschiedlichem Verhältnis – je nach Schwerpunktsetzung der Zeichen – Umwelt-, Gesundheits- und Qualitätsaspekte berücksichtigt. Methoden zur Ökobilanzierung berücksichtigen den gesamten Lebenszyklus von Produkten, wobei humantoxikologische Wirkungen bisher noch nicht befriedigend integriert werden konnten. Es gibt inzwischen allerdings viel versprechende Lösungsansätze in diese Richtung.

Ziel des gegenständlichen Projektes ist die Erstellung eines pragmatischen humantoxikologischen Bewertungsansatzes für Bauprodukte, der hauptsächlich für die Nutzungsphase von Gebäuden anwendbar ist. In diesem Sinne wird versucht herauszuarbeiten, ob und wie die in Folge vorgestellten und diskutierten Bewertungsmethoden sich für diese Zielsetzung nutzen lassen. Fragen der Nachhaltigkeit und Umweltbelastung sowie Funktionalität (Gebrauchstauglichkeit) von Bauprodukten werden deshalb nur am Rande thematisiert oder überhaupt ausgeblendet. Bisweilen existieren allerdings Überschneidungen mit humantoxikologischen Aspekten, sodass eine klare Trennung nicht möglich ist. So haben etwa Lösungsmittelmmissionen zusätzlich zu negativen gesundheitlichen Wirkungen auch Anteil am Treibhauseffekt.

3.2 BEWERTUNG DER UNTERSCHIEDLICHEN KONZEPTE

Mittels einer umfassenden Literaturrecherche wurden bestehende Methoden erhoben und ihre Eignung für die Anwendung im Bewertungsschema auf Basis folgender Fragestellungen beurteilt:

- Welche Wirkungsendpunkte werden berücksichtigt bzw. abgebildet?
- Beziehen sich die Wirkungsendpunkte auf die Inhaltsstoffe oder Produkte?
- Wie werden Emissionen und Expositionen räumlich und zeitlich berücksichtigt?
- Werden z.B. im Verarbeitungsprozess eingesetzte Stoffmengen berücksichtigt?
- Werden Umwandlungs- und Reaktionsprodukte berücksichtigt?

¹⁶ Produktklassierungen sind Einstufungen von Produkten in jeweilige Qualitäts- oder Gefahrenklassen. Ein Beispiel dafür wäre der Giscode, welcher in Kap. A5.2 beschrieben ist.

- Welche Prioritäten werden gesetzt und wie werden Arbeitsschutz- und NutzerInnenaspekte berücksichtigt?
- Welche Daten werden benötigt und wie sind diese verfügbar? Ist die Methode standardisiert?
- Welche Ressourcen werden zur Durchführung benötigt?
- Wie liegen die Ergebnisse vor (z.B. Umweltzeichen, Ausschlusskriterien, Kennzahlen)?
- Wird die Methode in Softwaresystemen dargestellt?
- Ist die Struktur einfach darstellbar und kommunizierbar?

Die Methoden werden im Folgenden kurz zusammengefasst und bezüglich ihrer Nutzbarkeit für die im vorliegenden Projekt zu bearbeitende Fragestellung charakterisiert. Dabei werden hilfreiche (+), genauer zu untersuchende (?) oder eher nachteilige (-) Aspekte bzw. Zugänge herausgearbeitet. Es sei betont, dass sich diese Charakterisierung nicht auf die Methode generell bezieht sondern eine Einschätzung für die Anwendbarkeit im Projektzusammenhang darstellt.

Eine detaillierte Beschreibung der Methoden mit genauerer Erläuterung ihrer wissenschaftlichen Grundlagen bzw. ihres Entstehungs- und Nutzungszusammenhanges inkl. Referenzen ist im Anhang in den Kapitel A3 bis A6 zu finden. Im Folgenden werden nur kurz wesentliche Charakteristiken dargestellt.

3.2.1 AgBB-Konzept

Das in der europäischen Bauproduktenrichtlinie allgemein formulierte Ziel, die Gesundheit von GebäudenutzerInnen zu schützen, wird in einem vom deutschen Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB) herausgegebenen Dokument (AgBB 2002) in Hinblick auf die Emission flüchtiger organischer Verbindungen aus Bauprodukten präzisiert. Das Konzept soll Emissions-Mindeststandards für die Zulassung von Bauprodukten festlegen und wurde dahingehend standardisiert. Die "Produktqualität" wird über Emissionsmessungen im Modellversuch erfasst. Abgebildet werden kanzerogene und mutagene Stoffeigenschaften, über NIK-Werte das toxikologische Wissen der Arbeitsmedizin¹⁷ und über Summenparameter wie TVOC und SVOC auch unspezifische (z.B. reizende) Stoffwirkungen in Hinblick auf die Gesamtmenge an VOC. Expositionen von NutzerInnen im Wohnbereich sollen durch die Einführung eines fixen Umrechnungsfaktors von MAK- bzw. anderen Werten aus dem Arbeitsschutzbereich auf Grenzwerte (NIK-Werte) berücksichtigt werden.

Dies ist ein unbestreitbarer Vorteil des Verfahrens, da die Anpassung der Richtwerte automatisch erfolgt. Eine detaillierte toxikologische Herleitung der NIK-Werte findet allerdings nicht statt. Die NIK-Werte können daher unter Umständen stark von toxikologisch abgeleiteten Werten, wie sie z.B. in der Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft (BMLFUW 2004b) enthalten sind, abweichen. Als Beispiel ist die Substanz Toluol genannt, für die ein NIK-Wert von 1900 µg/m³ hergeleitet wurde, der aufgrund einer differenzierten toxikologischen Ableitung festgelegte, in Österreich vorgeschlagene wirkungsbezogene Innenraumrichtwert (WIR)

¹⁷ NIK = niedrigste interessierende Konzentration.

liegt jedoch bei nur $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In Deutschland liegt der entsprechende Richtwert I der Ad-hoc-Arbeitsgruppe (Sagunski 1996a) für Toluol bei $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$, der Richtwert II bei $3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Weitere Beispiele wären die Substanzen 4-Phenylcyclohexen (4-PC) und Styrol. Für Styrol wurde ein NIK-Wert von $860 \mu\text{g}/\text{m}^3$ hergeleitet, der aufgrund einer differenzierten toxikologischen Ableitung festgelegte wirkungsbezogene Innenraumrichtwert (WIR) liegt jedoch bei lediglich $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, also etwa um den Faktor 20 niedriger (etwa in diesem Bereich liegt auch der mittlere Geruchsschwellenwert von Styrol). In Deutschland liegt der entsprechende Innenraum-Richtwert I für Styrol bei $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, der Richtwert II bei $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Sagunski 1998). Die Praxis zeigt, dass ein Emissionswert im Bereich des NIK-Wertes in einigen Fällen zu langanhaltenden, unzumutbaren hygienischen Belastungen der NutzerInnen führen würde. Allein Werte im Bereich des in Österreich gültigen WIR bzw. des deutschen RW I liegen in einem Bereich, in dem derartige Belastungen der NutzerInnen vermieden werden (Tappler 2004b).

Für 4-PC wird aufgrund fehlender toxikologischer Daten ein NIK-Wert analog zu Styrol von $860 \mu\text{g}/\text{m}^3$ festgelegt. Die Substanz 4-PC weist allerdings einen mittleren Geruchsschwellenwert im Bereich von wenigen $\mu\text{g}/\text{m}^3$ auf.

Die Annahme, dass keine gesundheitliche Wirkung auftritt, wenn R_i den Wert 1 unterschreitet bzw. wenn R , also die Summe aller R_i , den Wert 1 nicht überschreitet ($R = \text{Summe aller } R_i = \text{Summe aller Quotienten } (C_i / \text{NIK}_i) < 1$), ist daher aus oben genannten Gründen nicht haltbar.

- + direkter Bezug zwischen Bauprodukten und deren Emissionen, für NutzerInnen adaptiert,
- ? fraglich ist, ob damit alle relevanten Stoffe bzw. Stoffeigenschaften erfasst werden (z.B. Sensibilisierung, Hormonaktivität),
- hoher Aufwand an (experimentellen) Ressourcen und deshalb nur auf politischer Ebene als gemeinsamer Prüfstandard umsetzbar. Die Einführung eines fixen Umrechnungsfaktors von MAK- auf NIK-Werte, die für den Wohnbereich gelten sollen, ist fachlich nicht haltbar. Weiters werden spezielle gesundheitsrelevante Stoffeigenschaften wie z.B. Gerüche nicht berücksichtigt. NIK-Werte liegen zum Teil deutlich über den österreichischen und auch deutschen Richtwerten für die Innenraumluft.

3.2.2 Bewertungskonzept für sensibilisierende Stoffe in Baumaterialien

Die Methode bewertet das allergene Potenzial von Baumaterialien anhand einer Punkteskala und kombiniert diese mit einer Gewichtung für die Emissions- bzw. Expositionssituation. Die Methode ist spezifisch auf allergene Effekte und differenziert dabei unterschiedliche Arten (Typ I, IV Allergen). In Bauprodukten eingesetzte (Schadstoff)mengen beeinflussen die Bewertung nicht. Eine Interpretation der ermittelten Punktezahl (Allergiepotezial) wird angeboten.

- + für NutzerInnen relevante Berücksichtigung einer langfristigen Zeitperspektive bei der Emission (Abrieb, Alterung), einfache Punktwertung mit der Möglichkeit zu Produktvergleichen sowie Interpretationshilfe,
- ? Verfügbarkeit von Daten zum allergenen und synergistischen Wirkpotenzial bzw. zu (allergenen) Inhaltsstoffen,
- keine Berücksichtigung von Schadstoffkonzentrationen, eingeschränkte Anwendungsmöglichkeit.

3.2.3 Innenraumluftbelastungen mit VOC

Für die Erstellung von Richtwerten von Einzelstoffen werden durch die Einbeziehung der NOAEL (no observed adverse effect level) Werte inhärente Stoffwirkungen berücksichtigt. Für Empfehlungen beim Summenparameter für VOC wird von statistisch ermittelten "repräsentativen" Belastungen im Wohnbereich ausgegangen.

- + für NutzerInnen ausgelegt; toxikologisch begründet,
- ? Integration des Summenparameters TVOC,
- fehlender Bezug zwischen Raumlufkonzentration und Bauprodukt-Emissionen.

3.2.4 Luftgrenzwerte am Arbeitsplatz

- + arbeitsmedizinisch begründet,
- für den Innenraumbereich nicht anwendbar, limitierter Datenumfang, kein Bezug zu Konzentrationen in Baumaterialien.

3.2.5 AUVA-Modell

Das Modell ist auf den Arbeitsschutz ausgerichtet. Zuerst wird für Produkte die "repräsentative Leitkomponente" (= Inhaltsstoff) ermittelt, welche das höchste Gefährdungspotenzial und/oder den höchsten Verbrauch in der Zeiteinheit aufweist. Die Bewertung erfolgt über R-Sätze der Leitkomponente nach einer Punktebewertung, wobei die "Schwere" der Gefährdung mit der Punktezahl korreliert. Zusätzlich wird das Scoring durch eine Bewertung der Emission (über den Dampfdruck, Korngröße) berücksichtigt. Eine Interpretation der ermittelten Punktezahl wird angeboten.

- + semiquantitative Bewertung mit einer Kennzahl für Stoffe und Produkte und damit eine einfache Möglichkeit für Produktvergleiche; Interpretationshilfe; Integration eines Faktors für die Emission,
- ? Kenntnis der Rezeptur ist notwendig, um die repräsentativen Leitkomponenten zu kennen; Arbeitsschutztool,
- Bewertung komplexer Produkte ist schwierig, Bauprodukte ohne R-Sätze bzw. gesundheitsrelevante Eigenschaften, die sich nicht als R-Satz niederschlagen, sind mit dem Tool nicht bewertbar, daher ist es auf die Nutzungsphase nicht übertragbar.

3.2.6 Spalten-Modell

Das Modell ist auf den Arbeitsschutz ausgerichtet und leitet Gefährdungen qualitativ von den R-Sätzen der Produkte ab. Dabei werden Emissionen über den Dampfdruck und den Verarbeitungsprozess mitberücksichtigt. Die nachteiligen Wirkungen (Spalten) werden unabhängig voneinander betrachtet (Spalten) und nicht weiter aggregiert.

- + klare und einfache Modellstruktur, leichter Zugang zu Daten (Produkteinstufungen toxischer Eigenschaften), R-Sätze decken Wirkspektrum breit ab,
- ? bei Produkteinstufungen geht zum Teil Kenntnis über (toxische) Stoffeigenschaften verloren, Arbeitsschutztool,
- gesundheitsrelevante Eigenschaften, die sich nicht als R-Satz niederschlagen, sind mit dem Tool nicht bewertbar, daher ist es auf die Nutzungsphase nicht übertragbar.

3.2.7 Wirkfaktoren-Modell

Das Modell ist auf den Arbeitsschutz ausgerichtet. Gefährdungen werden, ausgehend von den R-Sätzen der Stoffe als Wirkfaktoren (Punktwertung) abgeleitet. Da die "Schwere" der Gefährdung mit der Höhe der Wirkfaktoren korreliert, wird die Gefährdung damit semiquantitativ beschrieben. Werden die Wirkfaktoren mit den im Produkt vorhandenen Stoffkonzentrationen kombiniert, sind Produktbewertungen anhand einer Kennzahl möglich.

- + klare Modellstruktur, semiquantitative Bewertung mit einer Kennzahl für Stoffe und Produkte und damit einfache Möglichkeit für Produktvergleiche,
- ? Bewertung erfordert Kenntnis der Rezeptur, Arbeitsschutztool,
- keine Berücksichtigung von Emissionen und Expositionen (ausgenommen Stoffe mit MAK-Werten) und Verarbeitungsprozessen, Bauprodukte ohne R-Sätze bzw. gesundheitsrelevante Eigenschaften, die sich nicht als R-Satz niederschlagen, sind mit dem Tool nicht bewertbar, daher ist es auf die Nutzungsphase nicht übertragbar.

3.2.8 GISCODE

Das Kennzeichnungssystem ist auf den Arbeitsschutz ausgerichtet. Es differenziert nach Produktgruppen und innerhalb dieser nach dem Gehalt von (bedenklichen) Einzelkomponenten (z.B. Methanol), (aromatischen) Lösungsmitteln oder Produktkennzeichnungen (z.B. sensibilisierend). Als Einstufungskriterien definiert das System Schwellenkonzentrationen oder auch die Freiheit von bestimmten Komponenten im Produkt.

- + Strukturierung nach und Differenzierung innerhalb von Produktgruppen, vergleichende Produktbewertung,
- ? keine homogenes oder übersichtliches System der Bewertungskriterien, Arbeitsschutztool,
- nur für gekennzeichnete Produkte anwendbar, sofern man nicht die Einstufungskriterien übernimmt; gesundheitsrelevante Eigenschaften, die sich nicht als Produktkennzeichnung niederschlagen, sind mit dem Tool nicht bewertbar; daher ist es auf die Nutzungsphase nicht übertragbar.

3.2.9 EMICODE

Das Kennzeichnungssystem ist sowohl auf den Verbraucher- als auch Arbeitsschutz ausgerichtet, beschränkt sich aber auf die Produktgruppe Verlegewerkstoffe in der Innenausstattung von Gebäuden. Es ähnelt in der Umsetzung dem AgBB-Konzept, da Produkte in einer Prüfkammer geprüft werden und eine Bewertung der in die Raumluft emittierten Stoffe erfolgt. Die Bewertung richtet sich nach TVOC Gehalt sowie Leitkomponenten für CMR Stoffe.

- + vergleichende Produktbewertung innerhalb einer Produktgruppe, direkter Bezug zwischen Produkt und Emissionen, für Nutzungsphase adaptiert,
- ? nur für gekennzeichnete Produkte anwendbar,
- hoher Aufwand an (experimentellen) Ressourcen, gesundheitsrelevante Eigenschaften anderer Stoffe als VOC und Leitkomponenten für CMR Stoffe sind mit dem Tool nicht bewertbar, daher ist es im Projektzusammenhang nur zum Teil nutzbar.

3.2.10 Danish Code Number System

Das Kennzeichnungssystem ist auf den Arbeitsschutz ausgerichtet. Die erste Zahl des aus 2 Zahlen bestehende Codes baut auf Arbeitsplatzgrenzwerten auf und leitet daraus den "Verdünnungsbedarf" in m^3 Luft/Produkt als ein Maß für das Gefährdungspotenzial ab. Damit wird das inhalative Gefährdungspotenzial flüchtiger Stoffe erfasst. Die zweite Zahl leitet ergänzend dazu die toxischen Stoffeigenschaften der nichtflüchtigen Komponenten im wesentlichen aus deren Einstufungen (R-Sätzen) ab.

- + Berücksichtigung aller Produktkomponenten (inkl. Verunreinigungen und Restmonomere), Berücksichtigung der Flüchtigkeit, Integration von Arbeitsplatzgrenzwerten und Einstufungen, ausgearbeitete Datenbasis und Berechnungstool, einheitliche und im Ergebnis klare Produktcodierung,
- ? Vollständigkeit der Datenbasis,
- begrenzt auf den Arbeitsschutz.

3.2.11 Bautox

Das Konzept nimmt die R-Satzkennzeichnungen von Inhaltsstoffen von Bauprodukten zum Ausgangspunkt, um Gefährdungspotenziale in den Produkten bzw. daraus hergestellter Konstruktionen zu quantifizieren. Dazu werden zur Gewichtung der die umwelt- und gesundheitsrelevanten Wirkungen beschreibenden R-Sätze diejenigen Konzentrationsgrenzwerte herangezogen, deren Überschreiten eine Produktkennzeichnung erforderlich macht. Die daraus abgeleiteten Gewichtungsfaktoren sind dabei umso größer, je kleiner dieser Konzentrationsgrenzwert ist, d.h. je "bedenklicher" die Wirkung ist. Sie werden wirkungsübergreifend zusammengefasst bzw. innerhalb von 7 Wirkungsgruppen betrachtet.

- + Direkt konzipiert für die Bewertung von Bauprodukten, Baukonstruktionen und der darin enthaltenen potenziellen Schadstoffe; prinzipiell umfassender Ansatz durch die Bewertung von Produkten (auch Fertigwaren), die Differenzierung nach unterschiedlichen Lebensphasen (Verarbeitungs- und Nutzungsphase) und ein einfaches dreistufiges Modell für die Beschreibung der Mobilität (Dampfdruck und Wasserlöslichkeit: hoch, mittel, gering). Die Normierung auf die Fläche (m^2) macht Verlegealternativen etwa bei verschiedenen Bodentypen direkt vergleichbar. Es wird dabei der gesamte Aufbau berücksichtigt. Es sind sowohl Einzelbewertungen, Bewertungen bestimmter Wirkungsgruppen als auch eine Gesamtbewertung möglich, da sich die dimensionslosen Indices beliebig aufsummieren lassen.
- ? Bewertung erfordert Kenntnis der Rezeptur bei Produkten bzw. Deklaration eines allfälligen Schadstoffgehaltes bei Fertigwaren.
- Schadstoffe, die (noch) ohne R-Sätze sind, werden mit dem Tool nicht bewertet. Bewertungslücken sind aufgrund der Unvollständigkeit der R-Satzkennzeichnung möglich. Schadstoffe, die aufgrund ihrer geringen Konzentration nicht im Sicherheitsdatenblatt aufscheinen, werden nicht berücksichtigt.

3.2.12 Emissionsklassifizierung von Baumaterialien (Finnland)

Kern der Methode sind Prüfkammermessungen von Bauprodukten. Die Messung erfolgt in Abständen von 3 bzw. 28 Tagen, gemessen wird der Gehalt an TVOC, Formaldehyd, NH_3 sowie Kanzerogenen der Kategorie 1. Die Produktklassierung erfolgt in 3 Klassen. Die Untersuchung wird durch eine Geruchsprüfung des Bauproduktes ergänzt.

- + direkter Bezug zwischen Bauprodukten und deren Emissionen, Geruchsprüfung,
- ? fraglich, ob damit alle relevanten Stoffe bzw. Stoffeigenschaften erfasst werden,
- hoher Aufwand an experimentellen Ressourcen und deshalb nur als freiwilliger Prüfstandard umsetzbar.

3.2.13 Danish Indoor Climate Label

Das dänische "Indoor Climate Label" dient vor allem zur Bewertung von Materialien zur Innenausstattung und legt einen innenraumrelevanten Zeitwert fest, der auf der Emissionsbestimmung flüchtiger organischer Verbindungen (VOC) von Primärquellen basiert. Die Emissionsbestimmung enthält chemische Messungen von Einzelstoffen und sensorische Bestimmungen. Für die Produktqualität werden Grenzwerte festgelegt.

- + direkter Bezug zwischen Bauprodukten und Emissionen; für die Nutzung entwickelt,
- hoher Aufwand an (experimentellen) Ressourcen, es werden nur bestimmte Stoffeigenschaften erfasst.

3.2.14 Prüfungen textiler Bodenbeläge

Das Prüfzeichen "GUT-Signet" legt Standards für die Emissionen textiler Bodenbelägen fest. Die "Produktqualität" wird über Emissionsmessungen im Modellversuch, Materialuntersuchungen und sensorische Tests erfasst. Für die Produktqualität werden Grenzwerte festgelegt.

- + direkter Bezug zwischen Bauprodukten und Emissionen, für die Nutzung entwickelt,
- hoher Aufwand an (experimentellen) Ressourcen, es werden nur bestimmte Stoffeigenschaften erfasst.

3.2.15 Umweltzeichen (Österreichisches Umweltzeichen, Eco-Label, Blauer Engel, Nordischer Schwan)

Die Vergaberichtlinien des Österreichischen Umweltzeichens, des Europäischen Eco-Labels, des Blauen Engels und des Nordischen Schwan zielen zwar primär auf Umweltschutz ab, inkludieren dabei aber auch Aspekte des VerbraucherInnen- und Arbeitsschutzes. Als Instrumente werden in den Vergaberichtlinien insbesondere verwendet: Ausschluss bzw. mengenmäßige Begrenzungen einzelner Inhaltstoffe oder Summenparameter (VOC), Ausschluss bestimmter (toxischer) Einstufungen bei einzelnen Inhaltstoffen oder der Zubereitung, Vorgabe von Emissionsgrenzwerten.

- + Strukturierung nach Produktgruppen,
- ? keine homogenes System der Kriterien, nur bedingt als Tool für Arbeitsschutz- oder VerbraucherInnenschutz verwendbar; kein gemeinsamer Standard bzw. schwierig zu vergleichen,
- nur für gekennzeichnete Produkte anwendbar, beträchtlicher Prüfaufwand und genaue Produktkenntnisse erforderlich.

3.2.16 Natureplus

Das ausschließlich für Bauprodukte entwickelte Prüfzeichen natureplus führt wie die Umweltzeichen zu einer Produktkennzeichnung, unterscheidet sich allerdings in Art und Umfang der Prüfrichtlinien doch signifikant von denen der Umweltzeichen. So sind die natureplus-Richtlinien modulartig aufgebaut und setzen in einer ersten Stufe für alle Produkte einen gemeinsamen Standard. In einer zweiten und dritten Stufe werden die Anforderungen erweitert und auf Produktgruppen spezifiziert. Als Bewertungsinstrument wird wie bei den Umweltzeichen mit Ausschluss und/oder Einschränkung bestimmter Inhaltsstoffe bzw. Stoffeigenschaften gearbeitet, dazu kommen aber auch umfangreiche Produktprüfungen wie etwa Emissionsmessungen in der Prüfkammer und Materialuntersuchungen.

- + Strukturierung nach Produktgruppen, Absicherung der Produktqualität durch experimentelle Prüfungen, einzelne Kriterien auf SIBAT anwendbar,
- ? kein übersichtliches System der Bewertungskriterien,
- sehr hoher Prüfaufwand und genaue Produktkenntnisse erforderlich.

3.2.17 Ökopass

Bei dieser ganzheitlichen Beurteilung von Bauwerken nach baubiologischen und ökologischen Kriterien ist die Bewertung der Innenraumluftqualität ein Kriterium unter mehreren wie etwa Beleuchtung, Behaglichkeit, Schallschutz usw. Die verwendeten Baumaterialien werden einer Vorprüfung an Hand von Produktunterlagen unterzogen. Für die Bewertung der Innenraumluftqualität werden unter anderem nach Fertigstellung die chemischen Indikatoren VOC und bestimmte Aldehyde (darunter Formaldehyd) gemessen, die gemessenen Werte fließen in ein dreistufiges Bewertungsschema ein. Für die Vorprüfung der Produkte steht eine Chemikaliendatenbank zur Verfügung (Belazzi 2004). Die derzeitige Erweiterung der Datenbank zur IXBau-Datenbank¹⁸ kann in Abhängigkeit von ihrer Zugänglichkeit gegebenenfalls eine geeignete Datengrundlage für Prüfungen und Bewertungen von Bauprodukten bereitstellen.

- + einfaches und übersichtliches Modell mit wenigen Parametern, Prüfung des Endproduktes,
- ? Zusammenhang zur Auswahl an Bauprodukten,
- keine experimentelle Stoff- und Produktprüfung vor dem Einbau der entsprechenden Baumaterialien.

3.2.18 EURAM

EURAM dient dazu, das bei der Anwendung entstehende human- und ökotoxikologische Risiko von in großen Mengen hergestellten Chemikalien grob abzuschätzen. Repräsentativ für die Stoffeigenschaften werden in erster Linie R-Sätze mittels einer Punkteskala gewichtet. In der Bewertung werden außerdem Emissionen (Humanexpositionen) berücksichtigt und zwar sowohl durch Stoffeigenschaften wie Dampfdruck oder Siedepunkt, als auch durch

¹⁸ In der IXBAU-Datenbank werden ökologisch verträgliche Bauprodukte und Bauchemikalien online abrufbar sein. Die Datenbank wird von bauXund in Kooperation mit dem Institut für Baubiologie und -ökologie (IBO) im Auftrag der Stadt Wien und des ÖkobauClusters Niederösterreich erstellt.

eine Bewertung der Art der Anwendung (z.B. in offenen oder geschlossenen Systemen). Die Bewertungen werden über einen Algorithmus miteinander zu einer Kennzahl kombiniert.

- + klare, umfassend anwendbare Modellstruktur, Integration von Emission und Exposition, Ermittlung einer Kennzahl,
- Methode zur Bewertung von Chemikalien, nicht für Produktbewertung konzipiert, Bauprodukte ohne R-Sätze bzw. gesundheitsrelevante Eigenschaften, die sich nicht als R-Satz niederschlagen, sind mit dem Tool nicht bewertbar.

3.2.19 USES-LCA, CML 2001

Das Softwaretool USES-LCA und die Guideline CML2001 sind ein Standardmodell, welches für die Erstellung von Ökobilanzen (LCA) genutzt wird. Zur Ermittlung des Humantoxizitätspotenzials von Stoffen wird dabei die vom Menschen aufgenommene Dosis einer Substanz mit der (toxikologisch ermittelten) zulässigen Aufnahmedosis verglichen und auf die Referenzsubstanz (1,4-Dichlorbenzol) normiert. Diese Berechnung wird auf das Kompartiment Luft bezogen.

- + Basis sind langzeit-toxikologische Untersuchungen sowie die Abschätzung der Aufnahme,
- ? Datenverfügbarkeit für Stoffe ist begrenzt,
- komplexes und aufwendiges Verfahren ausgelegt für ein globales Szenario; keine Produktbewertung, keine Differenzierung nach verschiedenen toxikologischen Endpunkten, gesundheitsrelevante Eigenschaften, die nicht von der aufgenommenen Dosis abhängen, sind mit dem Tool nicht bewertbar.

3.2.20 Eco-Indicator 99

Eine weitere Methode für Ökobilanzen ist speziell für Designer konzipiert, um durch Aggregation der Ergebnisse einfache Hilfestellung bei der Produktentwicklung zu bieten. Eco-Indicator 99 erfasst Schäden an der menschlichen Gesundheit über ein Konzept, welches von der Schwere und Dauer von Erkrankungen sowie durch Krankheit verlorene Lebenszeit gewichtet und diesen "Verlust" bzw. "Schaden" (DALY bzw. Disability Adjusted Life Years) auf das toxische Potenzial von Schadstoffen (z.B. Kanzerogene) zurückzuführen versucht. Ein kg emittierter Stoff wird dabei mit einem DALY verknüpft.

- + schadensbezogener Ansatz,
- ? Datenverfügbarkeit (vermutlich) begrenzt,
- komplexes und aufwendiges Verfahren; keine Produktbewertung; gesundheitsrelevante Eigenschaften, die nicht von der emittierten Stoffmenge abhängen bzw. sich nicht mit der verlorenen Lebenszeit verknüpfen lassen, sind mit dem Tool nicht bewertbar.

3.2.21 Konzept der Toxizitätsklassen

Das Konzept ordnet, ausgehend von den R-Sätzen der Stoffe, diese in insgesamt 5 Toxizitätsklassen ein, wobei MAK-Werte ein zusätzliches Einstufungskriterium darstellen. Die in einem Produkt enthaltenen Stoffe werden so auf die einzelnen Toxizitätsklassen aufgeteilt und man erhält "Produktprofile", die miteinander vergleichbar sind.

- + einfacher und klarer Modellansatz, Produktbewertung und -vergleiche,
- ? Bewertung erfordert Kenntnis der Rezeptur und R-Sätze der Inhaltstoffe,
- Emissionen werden nicht oder nur sehr eingeschränkt über MAK-Werte erfasst; Bauprodukte ohne R-Sätze bzw. gesundheitsrelevante Eigenschaften, die sich nicht als R-Satz niederschlagen, sind mit dem Tool nicht bewertbar.

3.2.22 Konzept der MEG-Äquivalente

Das Konzept verwendet das Wirkfaktoren-Modell, um darauf aufbauend die Wirkungskategorie Humantoxizität für LCAs kompatibel darzustellen. Entsprechend dem Wirkfaktoren-Modell werden Gefährdungen ausgehend von den R-Sätzen der Stoffe als Wirkfaktoren dargestellt, wobei die "Schwere" der Gefährdung mit der Höhe der Wirkfaktoren (nichtlinear) korreliert. Durch Kombination der Wirkfaktoren mit Stoffkonzentrationen und Summenbildung werden für Produkte Bewertungen in Form einer Kennzahl erhalten. Der über das Wirkfaktoren Modell hinausgehende Schritt ist die Einführung einer Referenz (Monoethylenglykol bzw. MEG), deren Wirkfaktor nun als Bezugswert sowohl für Stoffe als auch Produkte herangezogen werden kann und diese so als kg MEG-Äquivalente ausgedrückt werden können. Diese Bezugsgröße ist auch eine für die LCA geeignete Bilanzierungsgröße und kann ebenso für Produktvergleiche herangezogen werden.

- + klare Modellstruktur; semiquantitative Bewertung mit einer Kennzahl für Stoffe und Produkte und damit einfache Möglichkeit für Produktvergleiche,
- ? Bewertung erfordert Kenntnis der Rezeptur,
- keine Berücksichtigung von Emissionen und Expositionen (ausgenommen Stoffe mit MAK-Werten) und Verarbeitungsprozessen; Bauprodukte ohne R-Sätze bzw. gesundheitsrelevante Eigenschaften, die sich nicht als R-Satz niederschlagen, sind mit dem Tool nicht bewertbar.

3.3 KURZÜBERBLICK – METHODEN

Tab. 3.1: Methodenvergleich

	Zugang zur Bewertung über										
	Stoffeigenschaften					Stoffkonzentration	Gehalt, Messung von Emissionen				
	Akute Toxizität	Langzeit-Toxizität	Sensibilisierung	Reizend, ätzend	CMR		Einzelne VOC, Formaldehyd	Summe VOC (C ₆ -C ₁₆)	SVOC (C ₁₆ -C ₂₂)	Sens. Prüfung (Geruch)	CMR-Stoffe
AgBB-Konzept							X	X	X	(X)*	X.
Danish Indoor Climate Label							X				
Prüfungen textiler Bodenbeläge							X	X		X	X
Sensibilisierende Stoffe in BM			X								
Richtwertkonzept Innenraumluft (Ö)							X, Formaldehyd*	X		(X)*	(X)*
Richtwertkonzept Innenraumluft (D)							X	X		X	
Spalten-Modell	R-Sätze Produkte										
Wirkfaktoren-Modell	R Sätze Stoffe					Stoffe mit MAK-Wert					

* vorgesehen, nicht umgesetzt

	Zugang zur Bewertung über										
	Stoffeigenschaften					Stoffkonzentration	Gehalt, Messung von Emissionen				
	Akute Toxizität	Langzeit-Toxizität	Sensibilisierung	Reizend, ätzend	CMR		Einzelne VOC, Formaldehyd	Summe VOC (C ₆ -C ₁₆)	SVOC (C ₁₆ -C ₂₂)	Sens. Prüfung (Geruch)	CMR-Stoffe
AUVA-Modell	R Sätze Stoffe										
GISCODE	R-Sätze Produkte					LM, Aromaten					
EMICODE						CMR, LM		X			Leitsubs. (Kat.1,2,3)
Danish Code Number System	R-Sätze Stoffe; Arbeitsplatzgrenzwerte										
Umweltzeichen	R-Sätze Stoffe R-Sätze Produkte					z.B.: VOC, SM, Aromaten, Biozide, Weichmacher, APEOs	X, Formaldehyd *	X *			X
Nature-plus	R-Sätze Stoffe					z.B.: VOC, SM, Aromaten, Biozide, Weichmacher, APEOs	X, Formaldehyd	X	X	X	X
Ökopass							X, Formaldehyd	X			

* abhängig vom jeweiligen Umweltzeichen (Österreichisches Umweltzeichen, Eco-Label, Blauer Engel, Nordischer Schwan) bzw. der Produktgruppe

	Zugang zur Bewertung über										
	Stoffeigenschaften					Stoffkonzentration	Gehalt, Messung von Emissionen				
	Akute Toxizität	Langzeit-Toxizität	Sensibilisierung	Reizend, ätzend	CMR		Einzelne VOC	Summe VOC (C ₆ -C ₁₆)	SVOC (C ₁₆ -C ₂₂)	Sens. Prüfung (Geruch)	CMR-Stoffe
EURAM	R-Sätze Stoffe & Tests (Mutagen, Reprotox)										
USES-LCA		X									
Eco-Indicator 99	Schadenserhebung										
Konzept der Toxizitätsklassen	R-Sätze Stoffe					Stoffe mit MAK-Wert					
Konzept der MEG-Äquivalente	R-Sätze Stoffe					Stoffe mit MAK-Wert					
Bautox Index BTI	alle umwelt- und gesundheitsrelevanten R-Sätze von Stoffen										

4 ASPEKTE FÜR EINEN SYSTEMATISCHEN BEWERTUNGSAN- SATZ

4.1 ALLGEMEINES

Beim Aufbau eines Bewertungssystems für Bauprodukte, welches das humantoxische und innenraumrelevante Wirkungspotenzial abbilden soll, sind einige grundsätzliche systematische Aspekte zu beachten. Diese umfassen:

- Festlegung der Lebenszyklusphasen der Bauprodukte, die bei der Bewertung berücksichtigt werden,
- Prinzipielle Unterscheidung in Zubereitungen und Fertigwaren,
- Festlegung, auf welchen Produktinformationen, die Bewertung aufbaut: Prüfkammer-Emissionsmessungen und/oder Angaben zu Inhaltsstoffen der Bauprodukte,
- Festlegung der Bauproduktgruppen, welche für eine Bewertung hinsichtlich Innenraumqualität relevant sind,
- Berücksichtigung der prinzipiellen Datenverfügbarkeit.

4.2 ERRICHTUNGS- UND NUTZUNGSPHASE

Um eine Bewertung des humantoxischen Wirkungspotenzials von Bauprodukten für eine Gebäudezertifizierung durchführen zu können, ist zunächst eine Trennung zwischen der **Errichtungs- und Nutzungsphase** vorzunehmen, da beträchtliche Unterschiede in Art und Umfang der emittierten Schadstoffe bestehen. Prinzipiell wäre natürlich der gesamte Lebenszyklus zu berücksichtigen, was bedeuten würde, neben Errichtungs- und Nutzungsphase des Gebäudes auch die Gewinnung der Rohstoffe, die Herstellung der Bauprodukte und deren Entsorgung zu berücksichtigen. Eine solch umfassende Betrachtung wird zum Beispiel durch Ökobilanzen (Life Cycle Assessment) vorgenommen. Hierbei entsteht jedoch häufig der Nachteil, dass die Wirkungen über den gesamten Lebensweg summiert werden und keine Aussagen über örtliche Belastungen getroffen werden können. Durch den Fokus des Projektes auf die Innenraumluftqualität hat sich jedoch bereits eine Einengung der Betrachtung auf die Phasen Gebäudeerrichtung und Gebäudenutzung ergeben.

Weiters wurde im Rahmen des Projektes festgestellt, dass die methodische Herausforderung vor allem im Entwickeln eines Bewertungsverfahrens für die Nutzungsphase liegt, da

- es für die Verarbeitungsphase ArbeitnehmerInnenschutzanforderungen gibt, für die Nutzungsphase aber nach wie vor kaum Vorsorgerichtwerte herausgegeben wurden,
- es im Bereich des ArbeitnehmerInnenschutzes bereits einige Methoden gibt, die für das vorliegende Projekt adaptiert werden können,
- und für einen Gebäudepass vor allem die Nutzungsphase relevant ist.

Aus den vorgenannten Gründen werden Aspekte des Arbeitsschutzes zwar in der Beschreibung des Bewertungssystems mit erwähnt, insofern sie eine andere Behandlung als die

Kriterien für die Nutzungsphase bedingen. Sie wurden derzeit jedoch nicht in das eigentliche Bewertungssystem aufgenommen. Außerdem sind für den Arbeitsschutz vor allem auch Verfahrensanweisungen relevant, z.B. Aspekte des Haut- und Atemschutzes, der Unfallgefahr oder das Hantieren mit schweren Gewichten, die über eine Bewertung von Bauprodukten nicht erfasst werden können und daher aus dem vorliegenden Projekt ausgeklammert werden.

4.3 ZUBEREITUNGEN UND FERTIGWAREN

Ausgehend vom europäischen Chemikalienrecht ist bei Bauprodukten grundsätzlich zwischen Zubereitungen und Fertigwaren zu unterscheiden.

Zubereitungen sind als "Gemenge, Gemische oder Lösungen" definiert, die aus zwei oder mehreren Stoffen bestehen. Wichtige Produktgruppen wie Farben, Kleber oder Fugenmassen fallen demnach unter diesen Begriff. Zubereitungen sind, sofern sie gefährliche Stoffe enthalten, nach der Stoffrichtlinie RL 67/548/EWG bzw. der Zubereitungsrichtlinie RL 99/45/EG mit Gefahrensymbolen, Gefahrenhinweisen (R-Sätzen) sowie Sicherheitshinweisen (S-Sätzen) zu kennzeichnen. Für Zubereitungen, die eingestuft werden, müssen deren gefährliche Bestandteile mit den jeweiligen Konzentrationen oder Konzentrationsbereichen angegeben werden und bilden einen Teil der Information des Sicherheitsdatenblattes. **Fertigwaren** sind chemikalienrechtlich zur "Verwendung als solche bestimmte Erzeugnisse" und unterliegen demnach nicht den Kennzeichnungserfordernissen wie Zubereitungen, sofern die darin enthaltenen (gefährlichen) Stoffe nicht "bestimmungsgemäß" freigesetzt werden. Allerdings erfolgt in der Praxis durchaus eine "nichtbestimmungsgemäße" Freisetzung gefährlicher oder "bedenklicher" Stoffe in relevantem Ausmaß. Zu den Fertigwaren zählen z.B. Fußbodenbeläge, plattenförmige Holzwerkstoffe oder Trockenbauplatten.

4.4 EMISSION UND EXPOSITION GEGENÜBER SCHADSTOFFEN

Nur wenn ein Schadstoff in einer der betrachteten Phasen der Gebäudeerrichtung oder -nutzung freigesetzt wird, ist er auch in der Lage, über den inhalativen, dermalen oder oralen Aufnahmeweg auf den menschlichen Körper einzuwirken. Dies bedeutet, dass Schadstoffe, die während dieser Phasen in der Matrix des Baustoffes immobilisiert sind, keine oder weniger Relevanz für eine Bewertung haben.

Tools aus dem Arbeitsschutzbereich verwenden für eine einfache Abschätzung der Mobilisierbarkeit von Schadstoffen häufig deren Dampfdruck. Diese Vorgangsweise kann zwar auf die Verarbeitungsphase, aber nicht oder nur bedingt auf die Nutzungsphase eines Bauproduktes angewendet werden. Im Sinne eines Abklingverhaltens verdampft etwa ein Großteil der niedrigsiedenden Produktanteile während der Errichtung oder Produktbestandteile reagieren im Verarbeitungsprozess "ab". Umgekehrt gilt, dass die hochsiedenden und schwer verdampfbaren Anteile während der lange dauernden Nutzungsphase eine Rolle spielen. Eine realistische Abschätzung von Emissionen in der Nutzungsphase ist schwierig und am ehesten über Befunde aus Prüfkammermessungen möglich. Diese sind aber nur für eine begrenzte Zahl von Bauprodukten verfügbar, wenn diese Messungen etwa als Nachweis der Kriterienerfüllung für Verordnungen, Prüf- und Umweltzeichen benötigt werden.

Da Emissionsmessungen von Bauprodukten einen direkten Bezug zur Innenraumlufte erlauben, sind diese in der Bewertung höher gestuft. Eine Bewertung auf Basis von Produktinhaltsstoffen, die in Ermangelung vorhandener Prüfkammermessungen herangezogen wer-

den, sind eher im Sinne eines vorsorgenden Chemikalienmanagements zu qualifizieren. Liegen für Fertigwaren keine Inhaltstoffdeklarationen vor, ist der Bewertungszugang über Inhaltstoffe im wesentlichen Zubereitungen vorbehalten, da für diese Sicherheitsdatenblätter vorliegen müssen, aus denen zumindest als gefährlich eingestufte Inhaltsstoffe ab gewissen Konzentrationsgrenzen entnommen werden können.

Auf Grundlage dieser Prioritätensetzung können Produkte im Rahmen dieses Systems die beste Qualitätsklasse nur auf Basis von Emissionsmessungen erlangen.

Für die Nutzungsphase und somit die Innenraumluftqualität ist die direkte Emission, d.h. Verdampfung in Kombination mit Diffusion, von vorrangiger Bedeutung. Es ist aber nicht außer Acht zu lassen, dass Substanzen aus der Oberfläche von Innenausstattungsmaterialien auch als Abrieb abgegeben werden und nach Adsorption an Partikel indirekt über den Staubpfad die Innenraumluft belasten können.

4.5 RELEVANTE BAUPRODUKTE

Das Bewertungssystem braucht nur für solche Fertigwaren und Zubereitungen angewendet werden, die Relevanz für die Innenraumluftqualität in der Nutzungsphase haben. Die folgende Tabelle zeigt einen Überblick über die Produktgruppen und ihre Relevanz für die Innenraumluft.

Tab. 4.1: Relevanz von Bauproduktgruppen für die Innenraumlufthqualität

Produktgruppe	Mögliche Emissionen	Relevanz
Mineralische Wandbildner	Radon, radioaktive Strahlung	niedrig
Putze und Mörtel, Bauplatten	Radon, radioaktive Strahlung, VOC aus organischen Zusatzstoffen	niedrig
Dachdeckungen und Fassadenverkleidungen	Metallabschwemmungen aus Metallverkleidungen	für Innenraum keine
Holz und Holzwerkstoffe	VOC/SVOC, Formaldehyd, Holzschutzmittel, Geruch	hoch
Dämmstoffe		
Dämmstoffe aus Kunststoffen	VOC/SVOC	niedrig
Dämmstoffe aus Mineralwolle	Formaldehyd, Fasern	Formaldehyd: mittel, Fasern: niedrig
Dämmstoffe, homogen aus mineralischen Rohstoffen	Staub	niedrig
Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen	Fasern, Biozide, Emissionen aus Bindemittel	niedrig
Korkplatten	VOC/SVOC, Geruch	je nach Anwendung: niedrig bis hoch
Bodenbeläge		
Mineralische Bodenbeläge	Radon, radioaktive Strahlung	niedrig, Natursteinbeläge: hoch
Elastische Bodenbeläge	VOC/SVOC, Geruch	hoch
Textile Bodenbeläge	VOC/SVOC, Fasern, Biozide, Geruch	hoch
Holzböden (Fertigparkett, Vollholz)	VOC/SVOC, Formaldehyd, Holzschutzmittel, Geruch	hoch
Oberflächenbeschichtungen	VOC/SVOC, Formaldehyd, Biozide, Geruch	hoch
Verlegewerkstoffe	VOC/SVOC, Formaldehyd, Biozide, Geruch	hoch

Gemäß Tabelle besitzen folgende Produktgruppen besondere Relevanz für die Innenraumluftqualität:

- Holz- und Holzwerkstoffe,
- Bodenbeläge,
- Oberflächenbeschichtungen,
- Verlegewerkstoffe.

4.6 DATENGRUNDLAGE ZUR BEWERTUNG

4.6.1 Allgemeines

Die Möglichkeiten eines Bewertungssystems werden vor allem durch die zur Verfügung stehenden Informationen bestimmt. Dabei ist die Informationslage für Zubereitungen und Fertigwaren sehr unterschiedlich. Wie in Kapitel 4.3 dargestellt, müssen für Zubereitungen zumindest Angaben über gefährliche Inhaltsstoffe laut Sicherheitsdatenblatt zur Verfügung stehen. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass eine Angabe im Sicherheitsdatenblatt in Abhängigkeit von den gefährlichen Eigenschaften des Stoffes, erst ab einem in der Chemikaliengesetzgebung festgelegten Gehalt verpflichtend ist. Überschreitet der Gehalt an gefährlich eingestuftem Stoffen in der Zubereitung die in der folgenden Tabelle angegebenen Werte, so ist gemäß Chemikaliengesetz die Zubereitung selbst als gefährlich zu kennzeichnen.

Tab. 4.2: Gehalt an gefährlichen Inhaltsstoffen für eine Einstufung der Zubereitung

Einstufung der Stoffe	Gehalt, ab der eine Einstufung der Zubereitung erfolgt (Gew%)
Sehr giftig oder giftig	0,1
Gesundheitsschädlich	1
Ätzend, reizend	1
Sensibilisierend	1
Krebserzeugend, erbgutverändernd oder fortpflanzungsgefährdend Kategorie 1 und 2	0,1
Krebserzeugend, erbgutverändernd oder fortpflanzungsgefährdend Kategorie 3	1

Darüber hinaus gelten für die Angabe des Gehaltes Konzentrationsbereiche, so dass keine Angaben über den exakten Gehalt des Stoffes gemacht werden.

Für Fertigwaren hingegen müssen keine Sicherheitsdatenblätter erstellt werden, wenngleich einige Hersteller solche dennoch zur Verfügung stellen oder auch Angaben über Inhaltsstoffe oder Prüfkammermessungen in technischen Merkblättern machen.

Die folgenden Kapitel nehmen in ihrer Darstellung teilweise Bezug auf Kennzeichnungssysteme sowie Prüf- und Umweltzeichen als auch Prüf- und Bewertungsschema, wie sie zusammenfassend in Kapitel 3 und detaillierter im Anhang dargestellt sind.

4.6.2 Zubereitungen

4.6.2.1 Zubereitungen in der Verarbeitungsphase

Produktkennzeichnungssysteme und Prüfzeichen sind grundsätzlich geeignet, zumindest Teilaspekte der humantoxischen Wirkungen von Zubereitungen in der Verarbeitungsphase abzudecken. Zu nennen sind etwa EMICODE (Kennzeichnungssystem für Klebstoffe) oder GISCODE (Kennzeichnungssystem für Farben, Klebstoffe, Reinigungsmittel usw.), aber ebenso alle Qualitäts- und Umweltzeichen.

Die Recherche zeigt, dass für diese Lebenszyklusphase zur Bewertung der humantoxischen Wirkungen natürlich vor allem Arbeitsschutztools anwendbar sind. Als geeignet erscheint dabei insbesondere das "Danish Code Number System". Dabei handelt es sich um ein Kennzeichnungssystem, das mit einem aus zwei Zahlen bestehenden Code arbeitet. Die erste Zahl baut auf Arbeitsplatzgrenzwerten bzw. alternativ auf R-Sätzen auf und leitet daraus einen hypothetischen "Verdünnungsbedarf" (m^3 Luft/Produktmenge) als Maß für das inhalative toxische Gefährdungspotenzial ab. Die zweite Zahl beschreibt und bewertet toxische Stoffeigenschaften, die über Haut- und Augenkontakt, orale Aufnahme oder über den Umweg Staub/Aerosol wirken (z.B. Hautsensibilisierung, Reizung, CMR Eigenschaften), aufbauend auf R-Sätzen. Von Vorteil erscheint bei dieser Methode die Berücksichtigung der wesentlichen Schadkomponenten (eingesetzte Mengen inklusive Verunreinigungen und Restmonomere) sowie die Differenzierung nach Wirkungsendpunkten und möglichen Aufnahmewegen.

4.6.2.2 Zubereitungen in der Nutzungsphase

Zu erwartende Emissionen in der Nutzungsphase können am genauesten durch Prüfkammernmessungen abgeschätzt werden. Die Festlegung von Ausschluss- bzw. Rankingkriterien kann dabei auf Kriterien von Prüf- und Umweltzeichen zurückgreifen. In Ermangelung von Prüfkammernmessungen kann auf Informationen über die Inhaltsstoffe zurückgegriffen werden, wobei jedoch dieser Zugang – wie bereits in Kapitel 4.3 diskutiert – die tatsächlich zu erwartenden Emissionen nicht abbilden kann, sondern eher als Vorsorge im Sinne von Begrenzung oder Ausschluss von Inhaltsstoffen zu qualifizieren ist. Bei der Nutzung von Bewertungsinstrumenten, die aus dem Arbeitsschutz stammen und auf Inhaltsstoffe aufbauen, ist vor allem zu prüfen inwieweit diese für Aussagen über humantoxische Wirkungen in der Nutzungsphase adaptierbar sind. Wie ebenfalls in Kapitel 4.3 bereits diskutiert, werden aus Arbeitsschutzgesichtspunkten z.B. niedrigsiedende Komponenten häufig stärker berücksichtigt oder gewichtet, während für die Nutzungsphase vermutlich vor allem höher siedende Komponenten Bedeutung haben.

Tab. 4.3: Datenbasis Zubereitungen

Produktgruppen	Kleb- und Verlegewerkstoffe, Versiegelungen und Beschichtungen, Farben und Lacke, Abdichtungen, Spachtelmassen, Putze und Mörtel	
Datenbasis Inhaltsstoffe	Herstellerdeklaration – Sicherheitsdatenblatt	Verpflichtend, Konzentrationsbereiche
	Herstellerdeklaration – Voll- oder Teildeklaration über das Sicherheitsdatenblatt hinausgehend	Freiwillig, aber in jedem Fall verfügbar
	Prüf- und Gütezeichen	Decken bisher nur ein kleines Marktsegment ab, Zunahme zu erwarten
	Messungen des Gehaltes an Inhaltsstoffen	Laborprüfungen von Inhaltsstoffen sind meist nur im Zusammenhang mit Prüf- und Umweltzeichen verfügbar
Datenbasis Emissionen	Prüf- und Gütezeichen	Decken bisher nur ein kleines Marktsegment ab, Ausnahme EMICODE für Klebstoffe, Zunahme zu erwarten
	Emissionsmessungen	Emissionsmessungen sind meist nur im Zusammenhang mit Prüf- und Umweltzeichen verfügbar, zum derzeitigen Zeitpunkt lässt es sich noch nicht abschätzen, inwieweit durch die Einführung des AgBB ¹⁹ in Deutschland zunehmend Daten verfügbar sein werden
Bewertungsgrundlage Inhaltsstoffe	Bewertung auf Grundlage von R-Sätzen und MAK-Werten Bewertung auf Grundlage von Prüfzeichenkriterien	Von den Methoden aus dem Arbeitsschutz (Wirkfaktorenmodell, AUVA-Modell und Danish Code Number System ²⁰ ,) hat sich das Danish Code Number System als am brauchbarsten herausgestellt; Modelle, die für den Arbeitsschutz erstellt wurden, müssen für die Anwendung auf die Nutzungsphase von Gebäuden entsprechend adaptiert werden, um Aspekte mit eher langfristiger Wirkung, z.B. Hochsieder zu berücksichtigen
Bewertungsgrundlage Emissionen	Bewertung auf Grundlage von Prüfzeichenkriterien	

¹⁹ Details zum AgBB-Schema siehe Kap. 3.2.1 sowie Kap. A3.1.

²⁰ Details siehe für das AUVA-Modell Kap. 3.2.5 und A4.3.1, für das Wirkfaktorenmodell Kap. 3.2.7 und Kap. A4.3.3 und für das Danish Code Number System (MAL Code) Kap. 3.2.10 und Kap. A5.4.

4.6.3 Fertigwaren

4.6.3.1 Fertigwaren in der Verarbeitungsphase

Für die Verarbeitung von Fertigwaren sind aus der Perspektive des Arbeitsschutzes vor allem Verfahrensanweisungen, z.B. Aspekte des Haut- und Atemschutzes, der Unfallgefahr das Hantieren mit schweren Gewichten oder die Freisetzung von Fasern und Stäuben relevant, die jedoch über eine Bewertung von Bauprodukten nur teilweise erfasst werden können und daher aus dem vorliegenden Projekt ausgeklammert werden.

4.6.3.2 Fertigwaren in der Nutzungsphase

Die Schwierigkeiten ergeben sich bei Fertigwaren daraus, dass für diese derzeit im Regelfall keine ausreichenden Produktinformationen verfügbar ist, außer sie tragen ein Prüf- oder Umweltzeichen. Insbesondere die in diesem Zusammenhang durchgeführten Emissionsmessungen und Geruchsprüfungen sind wesentlich, um humantoxikologische Wirkungen in der Nutzungsphase abzuschätzen.

Tab. 4.4: Datenbasis Fertigwaren

Produktgruppen	Bodenbeläge, Holz- und Holzwerkstoffe, Dämmstoffe, Folien	
Datenbasis Einsatz- bzw. Inhaltsstoffe	Herstellerdeklaration – Sicherheitsdatenblatt	Wenn Inhaltsstoffe auf freiwilliger Basis deklariert werden, welche selbst wiederum Zubereitungen sind (z.B. Klebstoffe), so ist für diese die Erstellung eines Sicherheitsdatenblattes verpflichtend Konzentrationsbereiche
	Herstellerdeklaration – Voll- oder Teildeklaration	Freiwillig, zum Teil verfügbar
	Prüf- und Gütezeichen	Decken bisher nur ein kleines Marktsegment ab, Zunahme zu erwarten
	Messungen des Gehaltes an Inhaltsstoffen	Laborprüfungen von Inhaltsstoffen sind meist nur im Zusammenhang mit Prüf- und Umweltzeichen verfügbar
Datenbasis Emissionen	Prüf- und Gütezeichen	Decken bisher nur ein kleines Marktsegment ab, Zunahme zu erwarten
	Emissionsmessungen	Emissionsmessungen sind meist nur im Zusammenhang mit Prüf- und Umweltzeichen verfügbar; zum derzeitigen Zeitpunkt lässt es sich noch nicht abschätzen, inwieweit durch die Einführung des AgBB ²¹ in Deutschland zunehmend Daten verfügbar sein werden
Bewertungsgrundlage Einsatz- bzw. Inhaltsstoffe	Bewertung auf Grundlage von Prüfzeichenkriterien	
Bewertungsgrundlage Emissionen	Bewertung auf Grundlage von Prüfzeichenkriterien	

²¹ Details zum AgBB-Schema siehe Kap. 3.2.1 sowie Kap. A3.1.

5 VORSCHLAG FÜR EIN BEWERTUNGSSCHEMA

5.1 EINFÜHRUNG

Ziel des Projektes war es, einen systematischen und pragmatischen Bewertungsansatz zu entwickeln, durch welchen das mit Bauprodukten verbundene humantoxische und innenraumrelevante Wirkpotenzial vorausschauend abgeschätzt werden kann. Dieser Bewertungsansatz wurde für das TQ-Tool – ein Planungs- und Zertifizierungsinstrument für Gebäude – entwickelt. Dabei soll das Schema in der Planungsphase (TQ-Planungstool) Einsatz finden und die Bewertung Teil der Zertifizierung "Planung" sein, wodurch vorsorgend potenzielle Quellen für Belastungen der Innenraumluft vermieden werden. Diese Vorsorge muss sich dann natürlich auch in der tatsächlich erreichten Innenraumluftqualität widerspiegeln und durch entsprechende Abnahmemessungen nach der Errichtungen (Zertifikat "Errichtung") bestätigt werden²². Das im Folgenden ausgeführte Bewertungsschema ist als ein im Rahmen eines Forschungsprojektes entwickelter erster Vorschlag zu qualifizieren, der im Rahmen der Praxisanwendung und Praxiserfahrungen sicher weiterzuentwickeln und zu adaptieren ist. Diesbezügliche Fragestellungen werden in der Beschreibung des Bewertungsschemas erwähnt und sind im Kapitel 9 nochmals zusammengefasst.

5.2 BEWERTUNGSGRUNDSÄTZE

Aufbauend auf den in Kapitel 4 dargestellten Überlegungen wurden folgende Grundsätze des Bewertungsschemas festgelegt:

- Die Bewertung berücksichtigt nur die Nutzungsphase (Begründung siehe Kapitel 4.2). Insofern eine Bewertung für die Errichtungsphase, die vorwiegend auf Arbeitsschutzaspekte abzielen hat, sich von der Bewertung für die Nutzungsphase unterscheiden muss, werden Vorschläge in Fußnoten angeführt. Die Errichtungsphase wurde jedoch nicht in das Bewertungsschema aufgenommen.
- Für die Bewertung werden die eingesetzten Bauprodukte zu Produktgruppen zusammengefasst, z.B. elastische Bodenbeläge, Lacke, etc. (siehe Kapitel 4.5).
- Die Bewertung unterteilt Bauprodukte in Zubereitungen und Fertigwaren.
- Die Bewertung beschreibt gesundheitlich nachteilige Wirkungen eines Bauproduktes anhand der fünf Wirkungskategorien CMR²³, Reizende Wirkungen, Inhalative Toxizität, Sensibilisierung, Geruch sowie mittels einer Vorsorgekategorie (siehe Kapitel 5.4). Basis dafür sind R-Sätze, MAK-Werte, toxikologische oder epidemiologische Untersuchungen, Befunde oder Studien (siehe auch Kapitel 2) sowie vorhandene Bewertungsinstrumente (siehe Kapitel 3 bzw. Anhang).
- Aus Produktlabels (div. Prüf- und Umweltzeichen) kann die Einhaltung von Emissionsstandards abgeleitet werden. Gleiches gilt für die Einhaltung von Schadstoffgrenzwerten oder den Ausschluss von Inhaltsstoffen mit bestimmten Eigenschaften. Das Bewertungs-

²² Genauere Ausführungen zur Messung von Innenraumnoxen und ein Vorschlag für die Erweiterung der Abnahmemessungen für das TQ-Tool findet sich in Kapitel 7.

²³ Cancerogene (krebserzeugende), mutagene (erbgutverändernde) und reproduktionstoxische (fortpflanzungsgefährdende) Stoffeigenschaften im Sinne der Chemikaliengesetzgebung.

system bietet insbesondere Übereinstimmungen mit einzelnen Kriterien der folgenden Prüf- und Umweltzeichen: natureplus, EMICODE, Österreichisches Umweltzeichen, Europäisches Umweltzeichen und Blauer Engel. Bei Vorliegen des entsprechenden Zeichens kann also von der Erfüllung der Kriterien ausgegangen werden, andernfalls sind die Vorlage von Prüfkammernmessungen, Sicherheitsdatenblättern bzw. über die Angabe der Sicherheitsdatenblätter hinausgehende Inhaltsstoffdeklarationen zu verlangen.

- Die Bewertung baut auf Emissionen von Schadstoffen oder den Gehalt von Inhaltsstoffen im Bauprodukt selbst auf. Emissionen werden in Prüfkammerversuchen ermittelt, daraus können Rückschlüsse auf das Auftreten von Innenraumlufschadstoffen während der Nutzungsphase gezogen werden. Wird auf Basis von Inhaltsstoffen bewertet, sind Gehaltsangaben (Gew%) sowie die Kenntnis physikalischer Eigenschaften (Dichte, Dampfdruck oder Siedepunkt) erforderlich. Da für Emissions- bzw. Prüfkammernmessungen ein unmittelbarer Zusammenhang mit der Innenraumlufsituation in der Nutzungsphase angenommen wird, hat generell der Nachweis der Einhaltung von Emissionsgrenzwerten für die Bewertung einen höheren Stellenwert als Konzentrationsangaben von Inhaltsstoffen im Bauprodukt. Liegen für Fertigwaren keine Inhaltsstoffdeklarationen vor, ist der Bewertungszugang über Inhaltstoffe im wesentlichen Zubereitungen vorbehalten, da für diese Sicherheitsdatenblätter vorliegen müssen, aus denen zumindest als gefährlich eingestufte Inhaltsstoffe ab gewissen Konzentrationsgrenzen (siehe Kapitel 4.6.1) entnommen werden können. Auf Grundlage dieser Prioritätensetzung können Produkte im Rahmen dieses Systems die beste Qualitätsklasse nur auf Basis von Emissionsmessungen erlangen. Die Kriterien auf Basis von Emissionsgrenzwerten und die Kriterien auf Basis von Inhaltsstoffen wurden soweit als möglich aufeinander abgestimmt. Es kann jedoch nicht von einer direkten Korrelation ausgegangen werden.
- Die Bewertung des humantoxischen Wirkungspotenzials in der Nutzungsphase erfolgt durch eine Einstufung in die 4 Qualitätsklassen A bis D auf Basis festgelegter Kriterien. Dabei erfolgt eine Abstufung zwischen den Kategorien von A bis D, wobei das Potenzial einer gesundheitlichen Beeinträchtigung von A nach D zunimmt.

Tab. 5.1: Bewertung des humantoxischen Wirkungspotenzials in der Nutzungsphase durch Einstufung in Qualitätsklassen

A	<p>Das Niveau des vorsorgenden Gesundheitsschutzes bezüglich der Stoff- und Produkteigenschaften der eingesetzten Bauprodukte, welche eine hohe Relevanz für die Innenraumluft haben, wird als "sehr hoch" erachtet (Bestbewertete Kategorie, "High End" Produkte).</p> <p>Die Qualitätsklasse wird im Regelfall durch das Vorliegen von Prüfkammer-Emissionsmessungen bzw. eines entsprechenden Güte- bzw. Prüfzeichens, im Zuge dessen die Unterschreitung von Richtwerten nachgewiesen wurde, erreicht. Herstellerdeklarationen bezüglich Inhaltsstoffe sind fallweise ergänzend notwendig.</p>
B	<p>Das Niveau des vorsorgenden Gesundheitsschutzes bezüglich der Stoff- und Produkteigenschaften der eingesetzten Bauprodukte, welche eine hohe Relevanz für die Innenraumluft haben, wird als "hoch" erachtet</p> <p>Eine Einstufung in diese Klasse erfolgt bei Vorliegen von Emissionsgrenzwerten, die den Richtwert der Klasse A über- und den Richtwert der Klasse B unterschreiten oder auf Basis entsprechender Angaben zu Inhaltsstoffen, wenn keine Emissionsmessungen vorliegen.</p>
C	<p>Das Niveau des vorsorgenden Gesundheitsschutzes bezüglich der Stoff- und Produkteigenschaften der eingesetzten Bauprodukte, welche eine hohe Relevanz für die Innenraumluft haben, wird als "durchschnittlich" erachtet.</p> <p>Einstufung in diese Klasse erfolgt durch Emissionsgrenzwerte oder Gehalte an Inhaltsstoffen, die die Richtwerte der Klasse B übersteigen und diejenigen der Klasse D unterschreiten.</p>
D	<p>Das Niveau des vorsorgenden Gesundheitsschutzes bezüglich der Stoff- und Produkteigenschaften der eingesetzten Bauprodukte, welche eine hohe Relevanz für die Innenraumluft haben, wird als "unzureichend" erachtet.</p> <p>Einstufung in diese Klasse erfolgt durch Emissionsgrenzwerte oder Gehalte an Inhaltsstoffen, die die Richtwerte der Klasse C übersteigen bzw. teilweise auch bei unzureichender Datenlage für die jeweilige Wirkungskategorie.</p>

5.3 ERFASSTE PRODUKTGRUPPEN

Das SIBAT-Bewertungssystem strebt einen allgemeingültigen und einheitlichen Vorschlag zur Bewertung von Bauprodukten bezüglich Innenraumluftqualität an. Daher werden zunächst für alle Produktgruppen gleichermaßen gültige Kriterien festgelegt. Dies ist durch den Fokus auf das gesamte Gebäude bedingt. Es soll eine Gesamtaussage zur Vorsorge für eine gesunde Innenraumluft getroffen werden. Zu einem humantoxischen Wirkpotenzial tragen insofern Produktgruppen, die aufgrund ihrer Produkteigenschaften und der damit verbundenen Produktzusammensetzung in der Regel mehr innenraumrelevante Emissionen abgeben, eben stärker bei als andere Produktgruppen.

Das allgemeingültige Bewertungssystem ist an die besonderen Erfordernisse bestimmter Produktgruppen anzupassen, um so auch Produktkennzeichnungen (Prüf- und Gütezeichen) sinnvoll zu integrieren. Dies wurde für folgende Produktgruppen durchgeführt:

- Klebstoffe,
- Lacke,
- Wandfarben,
- Bodenbeläge (Bodenbeläge auf Basis von Holz- und Holzwerkstoffen, textile Bodenbeläge, elastische Bodenbeläge).

5.4 BEWERTUNGSSCHEMA AUF BASIS VON WIRKUNGSKATEGORIEN

Das Bewertungssystem baut auf Prüfkammer-Emissionsmessungen von Bauprodukten und auf Angaben zu deren Inhaltstoffen auf. Während Emissionsmessungen von Bauprodukten einen direkten Bezug zur Innenraumluft erlauben und daher auch in der Bewertung höher gestuft sind, ist eine Bewertung auf Basis von Produktinhaltsstoffen, die in Ermangelung vorhandener Prüfkammernmessungen herangezogen werden, eher im Sinne eines vorsorgenden Chemikalienmanagements zu qualifizieren. Liegen für Fertigprodukte keine Inhaltsdeklarationen vor, ist der Bewertungszugang über Inhaltsstoffe im wesentlichen Zubereitungen vorbehalten, da für diese Sicherheitsdatenblätter vorliegen müssen, aus denen zumindest als gefährlich eingestufte Inhaltsstoffe ab gewissen Konzentrationsgrenzen entnommen werden könnten. Auf Grundlage dieser Prioritätensetzung können Produkte im Rahmen dieses Systems die Qualitätsklasse A nur auf Basis von Emissionsmessungen erlangen.

Im Rahmen des Schemas werden die Wirkungen CMR (Cancerogen, Mutagen, Reproduktionstoxisch), Reizende Wirkungen, Inhalative Toxizität, Sensibilisierung und Geruch erfasst. Dabei sollen nur die ersten 3 Wirkungskategorien explizit in der endgültigen TQ-Bewertung ausgewiesen werden, während auf Grund noch eingeschränkter Aussagekraft (Erklärung siehe jeweilige Kategorie) für Sensibilisierung und Geruch jeweils nur die vorhandenen Informationen abgefragt werden. Innerhalb einer Vorsorgekategorie werden Stoffwirkungen abgedeckt bzw. bewertet, die über andere Bewertungskategorien nicht erfasst werden, aus der Sicht des Vorsorgeprinzips aber relevant sind. Es handelt sich dabei um eine Wirkungskategorie, die nicht nur vermutete gesundheitlich nachteilige Wirkungen bewertet, sondern zusätzlich in den Auswirkungen unklare und diffuse, dafür aber ubiquitäre Belastungen beschreibt. Stoffe mit vermuteter Wirkung auf das Hormonsystem, zu denen eine nicht abgeschlossene wissenschaftliche Diskussion geführt wird und es noch keine oder nur teilweise Regelungen in Form von Einstufungen, Verboten oder Verwendungsbeschränkungen gibt, sind in diese Kategorie eingeordnet. Von einer Unbedenklichkeit der Stoffe ist aber nicht auszugehen. Darüber hinaus werden Stoffe mit auffälligen Befunden in Hausstaubmessungen berücksichtigt und bewertet. "Bedenklich" auch ohne Vorliegen toxikologischer Befunde sind solche Stoffe, die im Monitoring von Innenräumen – Messungen an Hausstaub – wiederholt, häufig und im größeren Ausmaß angefundener werden.

In den folgenden Kapiteln werden diese Wirkungskategorien und die jeweiligen Kriterien, die zur Bewertung in die 4 Qualitätsklassen führen, genauer beschrieben. Die Tabellen, welche die Kriterien angeben, sind wie folgt aufgebaut:

- Zeilenbezeichnung "1": Kriterien, die auf Prüfkammernmessungen basieren,

- Zeilenbezeichnung "2": Kriterien, die bei Fehlen von Prüfkammermessungen auf Inhaltsstoffeigenschaften aufbauen (nur für Zubereitungen oder Fertigwaren mit Inhaltsstoffdeklaration anwendbar),
- Sofern Prüfkammermessungen zur Verfügung stehen, erfolgt die Bewertung nach "1", erst bei deren Fehlen kommt die Bewertung nach Inhaltstoffen zur Anwendung,
- Falls eine produktgruppenspezifische Adaption der Kriterien vorgenommen wurde, ist dies durch den Zusatz "S" (Spezifische Kriterien) gekennzeichnet, diese Kriterien gelten dann nur für die jeweils angeführten Produktgruppen,
- Die Prüfmethode die zum Nachweise der Einhaltung der Kriterien "1" oder "2" anzuwenden sind, sind als 1M bzw. 2M gekennzeichnet.

5.4.1 CMR – Cancerogen, Mutagen, Reproduktionstoxisch

In der Wirkungskategorie werden nachgewiesene und vermutete cancerogene (C), mutagene (M) und reproduktionstoxische (R) Eigenschaften von Emissionen bzw. Inhaltsstoffen von Bauprodukten bewertet. Die Bewertung orientiert sich an der europäischen Chemikalienkennzeichnung für Stoffe und Zubereitungen (Einstufung und Kennzeichnung nach RL 67/548/EWG und RL 1999/45/EG) bzw. der Österreichischen Grenzwertverordnung. Für eine Bewertung für die Errichtungsphase können die gleichen Kriterien herangezogen werden, da es im Sinne des Vorsorgeprinzips angezeigt ist, gesundheitlich nachteilige Wirkungen im Sinne von CMR generell zu vermeiden.

Insbesondere Formaldehyd ist ein für Bauprodukte relevanter Inhaltsstoff, nach Chemikalienrecht eingestuft als krebserzeugend Kategorie 3.²⁴ Die Weltgesundheitsorganisation WHO stuft Formaldehyd jedoch neuerdings als "krebserregend für den Menschen" ein. Bislang hatte die Krebsforschungsagentur der WHO Formaldehyd nur als "wahrscheinlich krebserregend" eingeschätzt. Neuere Untersuchungen belegen jedoch ein höheres Risiko, durch Einfluss des stechend riechenden Gases an Krebs des Nasen-Rachen-Raums oder auch an Leukämie zu erkranken.²⁵ Im Rahmen der Wirkungskategorie CMR werden nur in begrenztem Umfang gesonderte Kriterien für Formaldehyd aufgenommen, da Formaldehyd auch reizende Wirkung hat und daher ebenfalls in der Wirkungskategorie "Reizende Wirkung" inkludiert ist. In diese Wirkungskategorie wurden spezifische Kriterien für Formaldehyd integriert, die sich auf Grund der oben angeführten Tatsachen, an strengen Richtwerten orientieren.

5.4.1.1 Kriterien auf Basis von Prüfkammermessungen

Die Festlegung der Kriterien für die Einstufung in die Qualitätsklasse "A" orientiert sich an den Kriterien des natureplus Prüfzeichens. Da für Klebstoffe das Prüfzeichen EMICODE weit verbreitet ist, bei welchem jedoch nur Prüfkammermessungen für kanzerogene Stoffe gefordert werden, erfolgte für Klebstoffe eine Festlegung spezifischer Kriterien für CMR.

²⁴ Krebserzeugende Stoffe, Kategorie 3: Stoffe, die wegen möglicher krebserzeugender Wirkung beim Menschen Anlass zur Besorgnis geben, über die jedoch genügend Informationen für eine befriedigende Beurteilung vorliegen. Aus geeigneten Tierversuchen liegen einige Anhaltspunkte vor, die jedoch nicht ausreichen, um einen Stoff in Kategorie 2 aufzunehmen.

²⁵ <http://www-cie.iarc.fr/monoeval/crthgr01.html>

Es sind das Vorliegen des jeweiligen oder eines gleichwertigen Prüf- und Umweltzeichens oder entsprechende Prüfkammermessungen nachzuweisen. Für eine Einstufung in die nachgereihten Qualitätsklassen wurde eine entsprechende Abstufung der Emissionsgrenzwerte vorgenommen.

5.4.1.2 Kriterien auf Basis von Inhaltsstoffangaben, falls keine Prüfkammermessungen verfügbar sind

Für die Festlegung der Kriterien wurden Vorgaben von Umweltzeichen für Farben und Lacke auf Basis von Inhaltsstoffangaben herangezogen. Bei Beurteilung des Sicherheitsdatenblattes ist zu berücksichtigen, dass CMR Stoffe erst ab einem Gehalt von 0,1% (gilt für CMR Kat. 1, 2) bzw. 1% (gilt für CMR Kat. 3) deklariert werden müssen.

Tab. 5.2: CMR-Kriterien in Umweltzeichen

Umweltzeichen	Vergabekriterien
Österreichisches Umweltzeichen	
UZ 01 Lacke, Lasuren und Holzversiegelungslacke (01.01.2003), UZ 07 Holzwerkstoffe (01.07.2003), UZ 17 Wandfarben (01.01.2003), UZ 35 Textile Bodenbeläge (01.07.2003), UZ 42 Elastische Bodenbeläge (01.01.2003)	CMR Kat. 1, 2 \leq 0,1% und CMR Kat. 3 \leq 1% (dies ist ein Basiskriterium in allen Vergaberichtlinien)
UZ 07 Holzwerkstoffe (01.07.2003)	Emissionen CMR n. 24 h $< 1 \mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$
UZ 01 Lacke, Lasuren und Holzversiegelungslacke (01.01.2003), UZ 17 Wandfarben (01.01.2003)	Freies Formaldehyd darf 10 ppm (10 mg/kg) nicht überschreiten. Der Gehalt an N-Formalen und O-Formalen darf maximal 100 ppm betragen (100 mg/kg), wenn nachgewiesen wird, dass die Raumluftemission von Formaldehyd in einem Prüfkammerverfahren max. 0,25 ppm während der Verarbeitung und Trocknung und maximal 0,05 ppm 24 Stunden nach Beginn des Farbauftrages beträgt.
Blauer Engel	
RAL-UZ 12a Schadstoffarme Lacke (Januar 1997), RAL-UZ 102 Emissionsarme Wandfarben (September 2003)	Keine Inhaltsstoffe CMR Kat. 1, 2 und 3; Produktionsbedingte Verunreinigungen dürfen nach RAL-UZ 12a 0,01 Gew% nicht überschreiten. Der Gehalt an freiem Formaldehyd darf 10 mg/kg nicht überschreiten; RAL-UZ 102 erlaubt ein Überschreiten dieses Wertes, wenn nachgewiesen wird, dass die Raumluftemission von Formaldehyd in einem Prüfkammerverfahren max. 0,25 ppm während der Verarbeitung und Trocknung beträgt und 24 Stunden nach Beginn des Farbauftrages unter 0,05 ppm liegt.
Europäisches Umweltzeichen	
Innenfarben und -lacke (2002/739/EG)	Keine Inhaltsstoffe mit R 45, 46, 60, 61 (= CMR Kat. 1, 2) Der Gehalt an freiem Formaldehyd in dem Produkt darf 10 mg/kg nicht überschreiten.

Tab. 5.3: Wirkungskategorie CMR

Cancerogen (C) Mutagen (M), Reproduktions- toxisch (R)		A	B	C	D
1	Prüfkammer-Messung vorhanden	keine Inhaltsstoffe CMR Kat. 1, 2, 3 Emissionen CMR Kat. 1, 2 n. 24 h nn Emissionen CMR Kat. 3 n. 28 d $\leq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	keine Inhaltsstoffe CMR Kat. 1, 2 Emissionen CMR Kat. 1, 2 n. 24 h nn ($< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) Emissionen CMR Kat. 3 n. 28 d $\leq 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Emissionen CMR Kat. 1, 2 n. 24 h nn ($< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) Emissionen CMR Kat. 3 n. 28 d $> 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Emissionen CMR Kat. 1, 2 n. 24 h $\geq 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$
1S	Klebstoffe	keine Inhaltsstoffe CMR Kat. 1, 2, 3 Emissionen CMR Kat. 1, 2 n. 24 h nn Emissionen CMR Kat. 3 n. 28 d. $\leq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	keine Inhaltsstoffe CMR Kat. 1, 2, 3 Emissionen n. 24 h CMR Kat. 1: $\leq 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ CMR Kat. 2: $\leq 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ CMR Kat. 3: $\leq 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Emissionen n. 24 h Cancerogen Kat. 1: $\leq 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Kat. 2: $\leq 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Kat. 3: $> 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Emissionen n. 24 h Cancerogen Kat. 1: $> 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ oder Kat. 2: $> 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$
1M	Prüfmethode	GEV-Prüfmethode, EN 13419 1-3 und ISO 16000 - 6			
2	keine Prüfkammer-Messungen vorhanden		keine Inhaltsstoffe CMR Kat. 1, 2, 3; Ausnahme: der Gehalt an freiem Formaldehyd darf maximal 10 mg/kg betragen.	Inhaltsstoffe im Sicherheitsdatenblatt: R45, R46, R49, R60, R61 bzw. der CMR Kat. 1, 2: $\leq 0,1\%$ R40, R62, R63, R68 bzw. der CMR Kat. 3: $\leq 1\%$	Inhaltsstoffe im Sicherheitsdatenblatt: R45, R46, R49, R60, R61 bzw. der CMR Kat. 1, 2: $> 0,1\%$ oder R40, R62, R63, R68 bzw. der CMR Kat. 3: $> 1\%$
2M	Prüfmethode	Messung des Gehaltes an freiem Formaldehyd nach Merkoquant-Methode, DIN EN ISO 14184, oder gleichwertig			
<p>Bemerkungen: Definition CMR Stoffe: Stoffe mit Einstufung und Kennzeichnung nach RL 67/548/EWG: CMR Kat. 1 und Kat. 2: T mit R45, R49, R46, R60 oder R61; CMR Kat. 3: Xn mit R40, R62 oder 63; sowie Stoffe, die gemäß Österreichischer Grenzwerteverordnung „eindeutig als krebserzeugend ausgewiesene Arbeitsstoffe“ (Anhang III – A1 und A2) bzw. als „krebserzeugende Stoffgruppen oder Stoffgemische“ (Anhang III – C) eingestuft sind (werden für die Bewertung gleichgesetzt mit Kat. 1 und Kat. 2) sowie „Stoffe mit begründetem Verdacht auf krebserzeugendes Potential“ (Anhang III - B) (werden für die Bewertung gleichgesetzt mit Kat. 3). EMICODE EC1, EC2, EC3 (erfüllt die Kriterien 1S der Qualitätsklasse B für Cancerogene Kat. 1, 2, 3; falls jedoch keine zusätzlichen Angaben zu Emissionen mutagener und reproduktionstoxischer Stoffe Kat. 1, 2, 3 gemacht werden können, erfolgt eine Einstufung in Qualitätsklasse C)</p>					

5.4.2 Reizende Wirkungen

Für die Bewertung in der Nutzungsphase bzw. dem Auftreten reizender Stoffe in der Innenraumluft ist die Summe-VOC²⁶ eine geeignete Größe. In der Regel wird der Parameter TVOC zur Quantifizierung der Summe-VOC herangezogen. Der Zusammenhang zwischen der Summe-VOC (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) und dem Auftreten von Beschwerden wie einer allgemeinen Beeinträchtigung des Wohlbefindens, Reizungen der Augen oder Schleimhäute und Kopfschmerzen wurde bereits theoretisch untersucht. Dabei wurden Konzentrationsbereiche festgelegt, die zwar keine toxikologische Bewertung ausdrücken, aber für das Auftreten von Symptomen einen orientierenden Charakter haben.²⁷ Ebenso tragen Formaldehydemissionen zu Reizungen bei. Formaldehyd wird ebenso in der Wirkungskategorie CMR berücksichtigt (siehe Kap. 5.4.1).

Für eine Bewertung bezüglich der Errichtungsphase wären zusätzlich haut-, augen- und schleimhautreizende Wirkungen entsprechend der europäischen Chemikalienkennzeichnung für Stoffe und Zubereitungen zu berücksichtigen.²⁸

5.4.2.1 Kriterien auf Basis von Prüfkammermessungen

Für eine Bewertung in "A" wurden die Kriterien von Prüf- bzw. Umweltzeichen (nature plus, GuT) zu Grunde gelegt. Es ist das Vorliegen des jeweiligen oder eines gleichwertigen Prüf- und Umweltzeichens oder entsprechende Prüfkammermessungen nachzuweisen. Für eine Einstufung in die nachgereihten Qualitätsklassen wurde eine entsprechende Abstufung der Emissionsgrenzwerte vorgenommen.

5.4.2.2 Kriterien auf Basis von Inhaltsstoffangaben, falls keine Prüfkammermessungen verfügbar sind

Für eine Bewertung wurden Vorgaben von Umweltzeichen auf Basis von Inhaltsstoffangaben herangezogen.

²⁶ Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft (BMLFUW 2004b).

²⁷ Bezüglich Definition/en, Klassifizierung, gesundheitlicher Wirkungen und festgelegter Richtwerte für VOC bzw. Summe-VOC siehe Kapitel 2.2.3).

²⁸ Zu berücksichtigen wären die folgenden R-Sätze: R36 (Reizt die Augen), R37 (Reizt die Atmungsorgane), R38 (Reizt die Haut), R34 (Verursacht Verätzungen), R35 (Verursacht schwere Verätzungen) und R41 (Gefahr ernster Augenschäden) sowie deren Kombinationen.

Bewertungsvorschlag:

	Errichtungsphase
A	Keine Inhaltsstoffe im Sicherheitsdatenblatt mit R36, R37, R38, R34, R35, R41 bzw. Kombinationen (< 1%)
B	Keine Einstufung der Zubereitung als "reizend" (Xi und R36, R37, R38)
C	Einstufung der Zubereitung als "reizend" (Xi und R36, R37, R38)
D	Einstufung der Zubereitung als "ätzend" (C und R34, R35, R41)

Tab. 5.4: Kriterien für VOC und Formaldehyd in Umweltzeichen

Umweltzeichen	Vergabekriterien
Österreichisches Umweltzeichen	
UZ 01 Lacke, Lasuren und Holzversiegelungslacke (01.01.2003)	Max. 3% organische, halogenfreie Lösungsmittel bzw. VOC für weiß deckende Holzlacke, alle anderen Produkttypen max. 8% VOC, davon Butylglykol (CAS 111-76-2) höchstens 3%.
UZ 17 Wandfarben (01.01.2003)	Max. 500 ppm VOC, davon aromatische Kohlenwasserstoffe max. 100 ppm.
UZ 01 Lacke, Lasuren und Holzversiegelungslacke (01.01.2003), UZ 17 Wandfarben (01.01.2003)	Freies Formaldehyd darf 10 ppm (10 mg/kg) nicht überschreiten. Der Gehalt an N-Formalen und O-Formalen darf maximal 100 ppm betragen (100 mg/kg), wenn nachgewiesen wird, dass die Raumluftemission von Formaldehyd in einem Prüfkammerverfahren max. 0,25 ppm während der Verarbeitung und Trocknung und maximal 0,05 ppm 24 Stunden nach Beginn des Farbauftrages beträgt.
Blauer Engel	
RAL-UZ 12a Schadstoffarme Lacke (Januar 1997),	Der Gehalt an VOC darf nicht überschreiten: Gruppe I: Tiefgrund, penetrierende Primer und Produkte mit einem Festkörpergehalt < 20%: 2 Gew% Gruppe II: Vorlacke, Klarlacke, Parkettlacke, Bodenanstichstoffe, Universalgrundierungen und Produkte mit einem Festkörpergehalt ≥ 20%: 8 Gew% Gruppe III: Holzlasuren mit einem Festkörpergehalt < 30%: 8 Gew%, mit einem Festkörpergehalt ≥ 30%: 10 Gew% Gruppe IV: Wasserverdünnbare Lacke, Weiß- und Buntlacke mit einem Festkörpergehalt > 40%: 10 Gew% Gruppe V: High Solid-Lacke mit einem Festkörpergehalt ≥ 85%: 15 Gew%
RAL-UZ 102 Emissionsarme Wandfarben (September 2003)	VOC max. 700 ppm
RAL-UZ 12a Schadstoffarme Lacke (Januar 1997), RAL-UZ 102 Emissionsarme Wandfarben (September 2003)	Der Gehalt an freiem Formaldehyd darf 10 mg/kg nicht überschreiten; RAL-UZ 102 erlaubt ein Überschreiten dieses Wertes, wenn nachgewiesen wird, dass die Raumluftemission von Formaldehyd in einem Prüfkammerverfahren max. 0,25 ppm während der Verarbeitung und Trocknung beträgt und 24 Stunden nach Beginn des Farbauftrages unter 0,05 ppm liegt.

Europäisches Umweltzeichen	
Innenfarben und -lacke (2002/739/EG)	Der VOC-Gehalt darf folgende Werte nicht übersteigen: <ul style="list-style-type: none">- Wandfarben (gemäß EN 13300): 30 g/l (abzüglich Wasser)- sonstige Farben mit einer Ergiebigkeit von mindestens 15 m²/l bei einem Deckvermögen von 98%: 250 g/l (abzüglich des Wassers);- alle sonstigen Produkte (einschließlich anderer Farben als Wandfarben mit einer Ergiebigkeit von weniger als 15 m²/l, Lacke, Holzbeizen, Fußbodenanstriche und -farben sowie verwandte Produkte): 180 g/l (abzüglich des Wassers).
	Der Gehalt an freiem Formaldehyd in dem Produkt darf 10 mg/kg nicht überschreiten.

Tab. 5.5: Wirkungskategorie Reizende Wirkungen

Reizende Wirkungen (VOC/SVOC/ Formaldehyd)		A	B	C	D
1	Prüfkammer-Messungen nach 28 d (für Kleber und Farben nach 10 d) vorhanden*	Summe VOC* ≤ 300 µg/m³ und Summe SVOC ≤ 100 µg/m³ Formaldehyd ≤ 36 µg/m³ (~ 0,03 ppm)	300 µg/m³ < S. VOC* ≤ 600 µg/m³ 100 µg/m³ < S. SVOC ≤ 150 µg/m³ Formaldehyd ≤ 48 µg/m³ (~ 0,04 ppm)	600 µg/m³ < S. VOC* ≤ 1000 µg/m³ 150 µg/m³ < S. SVOC ≤ 200 µg/m³ Formaldehyd ≤ 62 µg/m³ (~ 0,05 ppm)	Summe VOC* > 1000 µg/m³ oder Summe SVOC > 200 µg/m³ Formaldehyd > 62 µg/m³ (~ 0,05 ppm)
1S	Textile Bodenbeläge nach 72 h	Summe VOC* ≤ 300 µg/m³ Summe SVOC ≤ 100 µg/m³ Formaldehyd ≤ 12 µg/m³ (~ 0,01 ppm)	300 µg/m³ < S. VOC* ≤ 600 µg/m³ 100 µg/m³ < S. SVOC ≤ 150 µg/m³ Formaldehyd ≤ 32 µg/m³ (~ 0,027ppm)	600 µg/m³ < S. VOC* ≤ 1000 µg/m³ 150 µg/m³ < S. SVOC ≤ 200 µg/m³ Formaldehyd ≤ 62 µg/m³ (~ 0,05 ppm)	Summe VOC* > 1000 µg/m³ oder Summe SVOC > 200 µg/m³ Formaldehyd > 62 µg/m³ (~ 0,05 ppm)
1M	Prüfmethode	ENV 13419 1-3, DIN ISO 16000 - 6 und GEV-Prüfmethode; Formaldehyd: ENV 717-1, (VDI - 3484)			
2S1	Kleber und Farben, falls keine Prüfkammer-Messungen vorhanden		Gehalt an VOC** ≤ 0,07 % freies Formaldehyd ≤ 10 mg/kg	Gehalt an VOC** ≤ 1,5 % freies Formaldehyd ≤ 100 mg/kg	Gehalt an VOC** > 1,5 % oder freies Formaldehyd > 100 mg/kg
2S2	Oberflächenbeschichtungen, Lacke und Lasuren falls keine Prüfkammer-Messungen vorhanden		Gehalt an VOC** ≤ 8 % freies Formaldehyd ≤ 10 mg/kg	Gehalt an VOC** ≤ 15 % freies Formaldehyd ≤ 100 mg/kg	Gehalt an VOC** > 15 % oder freies Formaldehyd > 100 mg/kg
2M	Prüfmethode	Messung des Gehaltes an freiem Formaldehyd nach Merkoquantmethode, DIN EN ISO 14184, oder gleichwertig			
<p>Bemerkungen: Für Fertigwaren ohne Emissionsmessung müssen die Inhaltsstoffe die entsprechenden Spezialeinstufungskriterien (2S1 für Kleber und Farben) erfüllen. Falls eine Einstufung nach SVOC oder Formaldehyd fehlt, wird das Produkt um jeweils eine Bewertungsstufe abgewertet. Für elastische Böden mit Ausnahme von Kork wird keine Formaldehydmessung verlangt, TVOC und SVOC wird nach (1), Kork nach (1S) bewertet.</p> <p>* In der Regel wird der Parameter TVOC zur Quantifizierung der Summe VOC herangezogen. Definition VOC (nach AgBB; gültig für 1 und 1S): alle Einzelstoffe mit Konzentrationen über 0,002 mg/m³ im Retentionsbereich C6-C16; TVOC Summe aller Einzelstoffe im Retentionsbereich C6-C16; SVOC alle Einzelstoffe über 0,002mg/m³ im Retentionsbereich > C6-C16; Summe SVOC: Summe aller Einzelstoffe über 0,002mg/m³ im Retentionsbereich > C6-C16; TVOC GEV Summe aller VOC im Retentionsbereich von C6-C22. VOC Definition laut ECA (1997) umfasst organische Verbindungen zwischen C6-C16. Der TVOC GEV umfasst mit C16-C22 auch die SVOC. Die Einstufung von TVOC GEV soll wie TVOC C6-C16 erfolgen. ** Definition VOC (gültig für 2S1, 2S2): alle organischen Verbindungen mit einem Siedepunkt (oder Siedebeginn) von höchstens 250 °C bei normalen Druckbedingung (Standarddruck 101,3 kPa).</p>					

5.4.3 Inhalative Toxizität

Mit der Wirkungskategorie "Inhalative Toxizität" wird versucht, die Flüchtigkeit eines Stoffes mit seinem toxischen Potenzial sowie seiner Konzentration zu verknüpfen, um so das toxische Wirkungspotenzial auf die Innenraumlufte abschätzen zu können. Die im Zusammenhang mit der Bestimmung von Innenraumschadstoffen ermittelten Summenparameter TVOC und SVOC geben nur wenig Auskunft darüber, welches Wirkungspotenzial mit diesen Stoffmischungen verknüpft ist. Allenfalls können damit akute unspezifische Reizwirkungen auf die Schleimhäute abgeschätzt werden, nicht aber mittel- und langfristige systemische Wirkungen. Deshalb versuchen einige Bewertungskonzepte auch, diese Lücke zu schließen: Das AgBB-Konzept²⁹ schlägt dafür eine zusätzliche Bewertung von Bauprodukten in Form von NIK-Werten³⁰ vor. NIK-Werte leiten sich von den MAK-Werten ab und stellen nach dem AgBB-Konzept diejenige Innenraumkonzentration dar, unterhalb derer keine langfristigen Effekte auf die BewohnerInnen zu erwarten ist. Trotz im Einzelfall gravierender Einschränkungen³¹ wird damit eine notwendige toxikologische Bewertung vorgenommen. Das Konzept sieht vor, dass aus den nunmehr toxikologisch gewichteten Einzelwerten auch ein Summenwert gebildet werden kann. Da jedoch zum derzeitigen Zeitpunkt entsprechende Prüfkammernmessungen von Bauprodukten noch nicht in ausreichendem Maße verfügbar sind, werden im Folgenden zwei weitere Methoden vorgeschlagen, die auf Angaben von Inhaltsstoffen basieren.

Es ist jedoch davon auszugehen, dass die Zukunft eine Zunahme verfügbarer Prüfkammernmessungen von Einzelsubstanzen mit sich bringen wird, so dass dann die Einführung einer entsprechenden Bewertung vorgenommen werden kann. Das AgBB-Konzept ist als Umsetzung der Bauproduktenrichtlinie konzipiert und die derzeit festgelegten Grenzwerte stellen einen Mindeststandard dar, ermöglichen aber keine weitere Differenzierung. Falls Emissionsmessungen von Einzelsubstanzen vorhanden sind, wurde deshalb für eine Bewertung in "A" die Erfüllung der strengeren natureplus-Werte (NPG) vorgegeben. Für eine Bewertung in "B" sollen für Einzelsubstanzen die NIK-Werte nach AgBB-Schema und die Richtwerte für die Innenraumlufte für Deutschland und Österreich (siehe Kapitel 2.2.3.15, Tabelle 2.6 bis 2.8: Österreichische und deutsche Richtwerte für ausgewählte VOC) eingehalten werden. Für eine Einstufung in "C" soll wieder gemäss AgBB-Schema der Summenwert $R = \sum C_i / \text{NIK}_i \leq 1$ für alle VOC mit einer Konzentration $\geq 0,005 \text{ mg/m}^3$ eingehalten werden. Im Falle von Zubereitungen und für Fertigwaren für die nur eine Inhaltsstoffdeklaration vorliegt wird vorgeschlagen, bis zur Verfügbarkeit ausreichender Prüfkammeruntersuchungen für die Wirkungskategorie "Inhalative Toxizität" auf eine adaptierte Form des Danish Code Number System – kurz "MAL Code" zurückzugreifen.³² Eine weitere Möglichkeit, die hier aber nicht eingehender ausgeführt wird, wäre eine Adaption des Bautox-Index³³ (Kasser 2001). Eine derartige Adaption könnte vorgenommen werden, indem nur Stoffe mit R-Sätzen berücksichtigt werden, für welche eine inhalative Aufnahme möglich ist.

²⁹ Für Details zum AgBB-Konzept siehe Kapitel 3.2.1 sowie Anhang.

³⁰ NIK: niedrigste interessierende Konzentration: Berechnen sich für CMR Stoffe als 0,1% des MAK-Wertes, für alle übrigen als 1% des MAK-Wertes.

³¹ Eine Einschränkung ist z.B. der Umstand, dass nicht für alle Innenraumschadstoffe MAK-Werte existieren, weitere Argumente siehe Kapitel 3.2.1.

³² Siehe Kapitel 3.2.10, für eine detaillierte Beschreibung des Systems siehe Anhang.

³³ Siehe Kapitel 3.2.11, für eine detaillierte Beschreibung des Systems siehe Anhang.

Das Grundprinzip des MAL Codes ist es, die jeweiligen Stoffkonzentrationen mit den MAK-Werten und dem Dampfdruck zu gewichten. Bewertet werden damit die in Arbeitsschutzgrenzwerten (z.B. MAK-Wert) festgelegten langzeittoxischen Wirkungen flüchtiger Inhaltsstoffe von Bauprodukten. Als "flüchtig" werden Stoffe (im Sinne der WHO Definition für SVOC) bis 380/400°C betrachtet. Vereinfacht gesagt wird dabei jene Luftmenge berechnet, die erforderlich ist, um einen Inhaltsstoff so zu verdünnen, dass dessen Konzentration unter die des jeweiligen Arbeitsschutzgrenzwert abfällt ("MAL" ausgedrückt in m³ Luft pro Liter Produkt). Ein geringes MAL (d.h. eine relativ kleine erforderliche Luftmenge) indiziert demnach eine eher geringe Gefährdung. Die Hauptschwierigkeit bei der Adaptierung des MAL Codes als Wirkungskategorie besteht in der Tatsache, dass er für den Arbeitsschutz ausgearbeitet wurde und damit nicht automatisch auf die Nutzungsphase angewandt werden kann. Im konkreten Fall reduziert sich dies auf die Frage, wie sich die Raumluftkonzentrationen flüchtiger Stoffe für die an die nur mehrere Tage währende Verarbeitungsphase anschließende lange Nutzungsphase modellieren lassen.

5.4.3.1 Zusammenhang zwischen Dampfdruck bzw. Siedepunkt und Innenraumluftkonzentration

Um das MAL Code Konzept für die Bewertung und damit für die Nutzungsphase zu adaptieren ist eine Abschätzung des Emissionsverhaltens während der Nutzungsphase notwendig. Eine erste Orientierungshilfe dafür ist die Unterteilung flüchtiger Stoffe nach deren Siedebereichen:

Tab. 5.6: Einteilung flüchtiger organischer Verbindungen (laut WHO 1989)

	Abkürzung	Siedebereiche (°C)
Very volatile (gaseous) organic compounds	VVOC	< 0 bis 50/100 ³⁴
Volatile organic compounds	VOC	50/100 bis 240/260
Semivolatile organic compounds	SVOC	240/260 bis 380/400

Es ist davon auszugehen, dass im Bereich der VVOC und VOC siedende Stoffe in der Nutzungsphase niedriger zu gewichten sind, da sie in der Verarbeitungsphase bereits ganz oder größtenteils verdampft sind. Der Bautox-Index (Kasser 2001) geht davon aus, dass 95 bis 99% der VOC in der Verarbeitungsphase verdunsten, von den VVOC ist deshalb zumindest dasselbe, möglicherweise sogar eine vollständige Verflüchtigung zu erwarten. Die Hauptschwierigkeit liegt deshalb darin, die Emissionen von Stoffen in der Nutzungsphase mit einem einfach handhabbaren Modell abzubilden. Dazu wurden aus einer Studie (Schleibinger et al. 2001) die Innenraumluftkonzentrationen von mittel- und hochsiedenden Glykolen, Glykolethern und Glykolestern in Wohnräumen ausgewertet und durch Dampfdruck- und Siedepunktswerten ergänzt (siehe Tabelle 5.7). Die Abbildungen 5.1 und 5.2 lassen vermuten, dass bei chemisch miteinander verwandten Stoffen eine Korrelation zwischen den Siedepunkten bzw. Dampfdrücken und der Innenraumluftkonzentration in der Nutzungsphase vorliegt: Höhere Innenraumluftkonzentrationen traten bei der Studie von Schleibinger eher bei Stoffen mit einem Dampfdruck < 1mbar/20°C und Siedepunkten über 150°C auf. Diese Aussage wird eingeschränkt durch den Untersuchungsumfang der betrachteten Studie sowie die

³⁴ Der jeweils höhere Wert gilt für polare Substanzen.

Unkenntnis über genaue Herkunft, Einsatzmengen und damit die Ausgangskonzentrationen der emittierten Stoffe. Erfahrungen aus dem Bereich der Gaschromatographie zeigen ebenfalls diese Zusammenhänge, wobei im Einzelfall auch der Fall eintreten kann, dass ein Stoff mit einem geringeren Dampfdruck eine höhere Flüchtigkeit aufweist (dieser Effekt ist vor allem bei Stoffen unterschiedlicher Substanzklassen bekannt). Für die Einstufung von Zubereitungen und die Abschätzung einer zu erwartenden Innenraumluftkonzentration ist dieser Effekt jedoch nahezu zu vernachlässigen.

Mögliche Zusammenhänge zwischen Siedepunkten bzw. Dampfdrücken von Substanzen und der Innenraumluftkonzentration in der Nutzungsphase sollten dennoch, vor allem dann, wenn unterschiedliche Substanzgruppen aus dem Bereich der VOC gemeinsam betrachtet und bewertet werden, durch weitere Untersuchungsergebnisse gestützt werden.

Größere Unsicherheiten in der Einstufung könnten sich aus einem anderen Effekt ergeben. Es ist z.B. aus der Praxis bekannt, dass relativ flüchtige Substanzen aus Klebern (z.B. Cyclohexan und deren Abkömmlinge, flüchtigere Aromaten) über Monate in relevanten Konzentrationen in der Raumluft nachweisbar sein können, da es infolge des bestimmungsgemäßen Einsatzbereiches unterhalb von meist mehr oder wenig diffusionshemmenden Zwischenlagen zu einer Depotbildungen und zu einer verzögerten Abgabe dieser Lösungsmittelbestandteile an die Raumluft kommen kann (Tappler 2004b).

Tab. 5.7: VOC-Konzentrationen in Innenräumen des Großraums Berlin im Zeitraum von 1988 bis 1999, Substanzgruppe der Glykole und Glykoether (Schleibinger et al. 2001)

	CAS	Dampfdruck** (mbar/20°C)	Sdpkt** (°C)	Konz. Innen- raumluft 95 Perzentil µg/m ³
MTBE	1634-04-4	109	55	2
Ethylenglykol	107-21-1	0,05	197	20
Diethylenglykol	111-46-6	0,03	245	25
1,2-Propylenglykol	57-55-6	0,11	189	36
Ethylenglykolmonomethylether	109-86-4	8,1	125	5
Ethylenglykoldimethylether	110-71-4	81	85	2
Ethylenglykolmonoethylether	110-80-5	5,1	135	4
Ethylenglykoldiethylether	629-14-1	12,2	121	1
Ethylenglykolmonobutylether	111-76-2	0,9	171	70
Ethylenglykolmonophenylether	122-99-6	0,04	247	112
Diethylenglykolmonomethylether	111-77-3	0,24	194	5
Diethylenglykoldimethylether	111-96-6	2,7	160	3
Diethylenglykolmonoethylether	111-90-0	0,1	202	21
Diethylenglykoldiethylether	112-36-7	0,8	189	2
Diethylenglykolmonobutylether	112-34-5	0,03	230	107
1,2-Propylenglykolmonomethylether	107-98-2	12	120	45
Propylenglykolmonobutylether	5131-66-8	1,3	170	52
Dipropylenglykolmonobutylether	29911-28-2	0,08	231	37
Tripropylenglykolmonobutylether	55934-93-5	0,01*	276	110
Ethylenglykolmonomethyletheracetat	110-49-6	9,3	145	19
Ethylenglykolmonoethyletheracetat	111-15-9	1,6	156	1
Ethylenglykolmonobutyletheracetat	112-07-2	0,3	192	92
Diethylenglykolmonobutyletheracetat	124-17-4	0,05	246	42
Texanol	25265-77-4	0,01	244	91

* Dampfdruck geschätzt

** Hauptdatenquelle: GESTIS Stoffdatenbank

Abb. 5.1: Korrelation Siedepunkt und Innenraumluftkonzentration (VOC in Tab. 5.7)

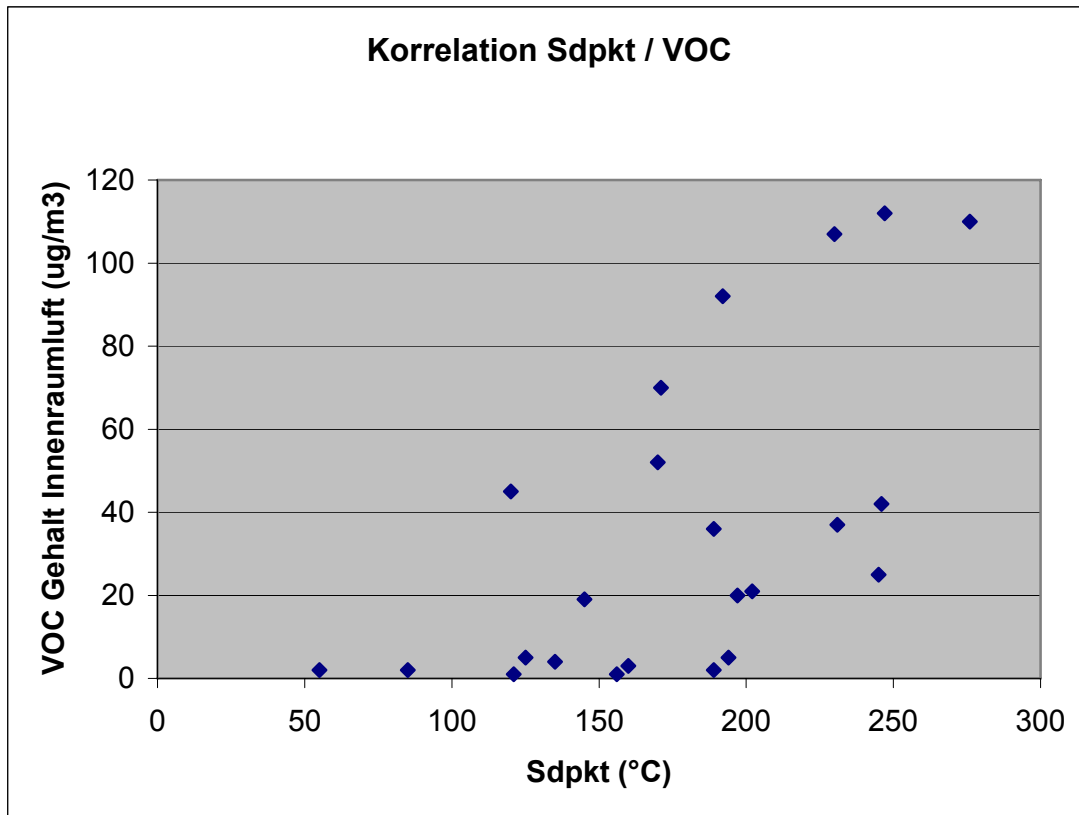
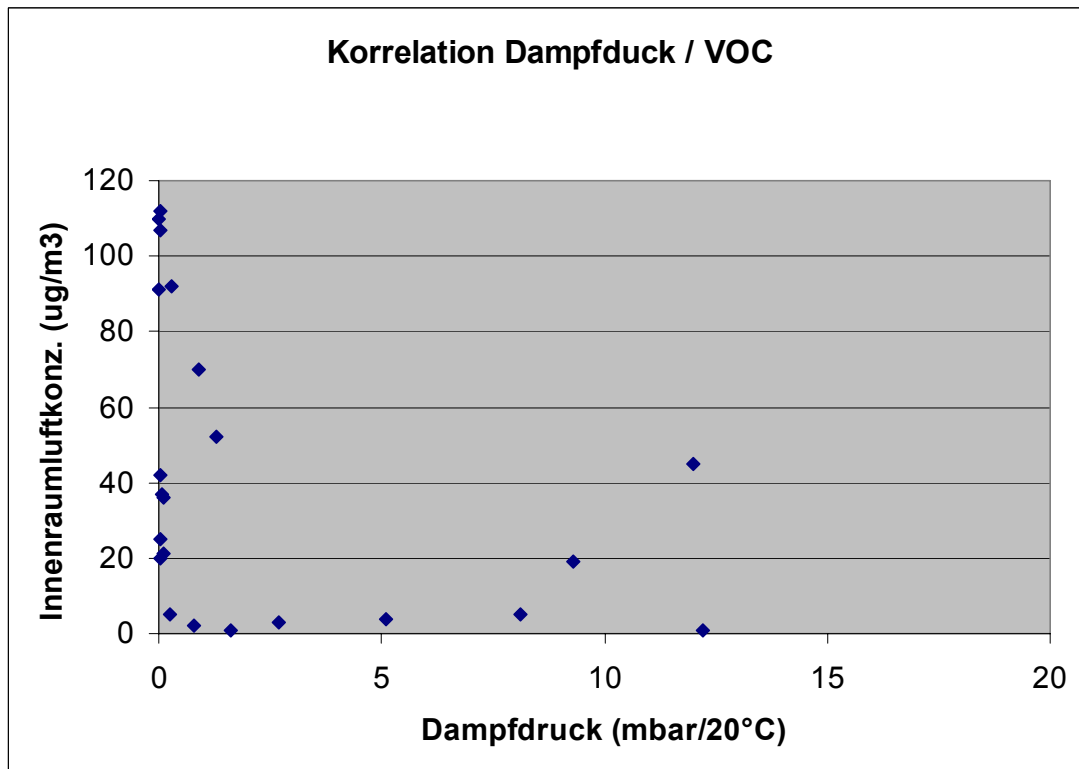


Abb. 5.2: Korrelation Dampfdruck und Innenraumluftkonzentration (VOC in Tab. 5.7)



5.4.3.2 Adaptierung des MAL Code Konzeptes für die Nutzungsphase

Der MAL Code berechnet sich – vereinfacht ausgedrückt – als diejenige Luftmenge in m³, die erforderlich ist, um einen Stoff auf die Konzentration seines Arbeitsschutzgrenzwertes zu verdünnen. Ein Stoff hat einen umso niedrigeren Arbeitsschutzgrenzwert, je schädlicher er für die menschliche Gesundheit ist. Deshalb steigt die für die Verdünnung erforderliche Luftmenge bei niedrigen MAK-Werten und stellt ein Vergleichsmaß für die Toxizität dar. Die Luftmengen können für alle im Produkt enthaltenen Stoffe addiert werden und ergeben so eine toxische Bewertung aller flüchtigen Produktbestandteile.

Zusätzlich zum Arbeitsplatzgrenzwert als Maß für die Toxizität wird in der Berechnung des MAL Code der Dampfdruck als Maß für die Flüchtigkeit des Stoffes berücksichtigt. Der Dampfdruck wird aber nicht direkt in die Berechnung eingesetzt, sondern entsprechend Tabelle 5.8 als Gewichtungsfaktor *k*. Die Spreizung des Gewichtungsfaktors ist derart, dass Niedersieder stärker zur Gesamttoxizität beitragen. Dies ist für die Errichtungs- bzw. Verarbeitungsphase sinnvoll, da langsam verdampfende Produktbestandteile nicht oder kaum zur Exposition der Person beitragen. Daraus ergibt sich auch bereits, dass der ursprüngliche MAL Code sehr gut geeignet wäre, um eine Bewertung für die Errichtungsphase vorzunehmen. In der anschließenden Nutzungsphase sind hingegen diese Komponenten ganz oder größtenteils verdampft und nun tragen verstärkt höhersiedende Komponenten zur Gesamtexposition bei. Dieser Umstand wird – abweichend vom MAL Code – nunmehr mit einem Gewichtungsfaktor *k_{Nu}* berücksichtigt. *k_{Nu}* verhält sich dabei "reziprok" zu *k*. Tiefsiedende Lösungsmittel mit hohem Dampfdruck (*p* > 200) bleiben so etwa gänzlich unberücksichtigt.

Tab. 5.8: Gewichtungsfaktoren des Dampfdrucks

Dampfdruck in hPa (20°C) (mm Hg/20°C)	Gewichtungsfaktor <i>k</i> (zur Ermittlung des ursprünglichen MAL Codes) (Anwendung für Errichtungsphase)	Gewichtungsfaktor <i>k_{Nu}</i> Adaptiert für Wirkungskategorie "Inhalative Toxizität" (Anwendung für Nutzungsphase)
<i>p</i> > 200	2	0
10 < <i>p</i> ≤ 200	1,4	0,3
3 < <i>p</i> ≤ 10	1	0,7
1 < <i>p</i> ≤ 3	0,7	1
0,1 < <i>p</i> ≤ 1	0,3	1,4
<i>p</i> ≤ 0,1	0	2

Arbeitsplatzgrenzwerte werden aus der österreichischen Grenzwertverordnung oder der deutschen MAK-Werte Liste entnommen, die Berechnung wird wie folgt durchgeführt.

1. MAL-Faktor = $k \cdot 10.000 / \text{Arbeitsplatzgrenzwert}$
2. MAL = MAL-Faktor • Dichte • Konzentration in Gew%

Die Berechnung liefert somit sowohl für die Errichtungs- als auch die Nutzungsphase für das jeweils untersuchte Produkt eine Zahlensumme mit der Dimension m³ Luft / l Produkt. Bewertet werden damit langzeittoxische Wirkungspotenziale flüchtiger Inhaltsstoffe von Bauprodukten. Daraus wird im MAL Code Konzept ein Zahlencode gebildet ("Zahl vor dem

Bindestrich"). Für die Darstellung in der Bewertung werden jeweils 2 Bereiche zu einer Qualitätsklasse zusammengefasst.

Tab. 5.9: Beziehung zwischen ermitteltem MAL, der "Zahl vor dem Bindestrich" und den Qualitätsklassen

MAL m ³ Luft/l Produkt	MAL Code ("Zahl vor dem Bindestrich")	Qualitätsklassen
0-30	00-	A
30-100	0-	B
100-400	1-	
400-800	2-	C
800-1600	3-	
1600-3200	4-	D
≥ 3200	5-	

Tab. 5.10: Allgemeine Bewertungskriterien für die "Inhalative Toxizität"³⁵

QK	Nutzungsphase (k _{Nu})
A	$MAL_{Nu} < 30$
B	$30 \leq MAL_{Nu} < 400$
C	$400 \leq MAL_{Nu} < 1600$
D	$MAL_{Nu} \geq 1600$

Diese Berechnung und Bewertung versteht sich als Vorschlag, welcher vor Einführung im TQ-Tool nochmals mit FachexpertInnen abzustimmen wäre. Eine Anwendung der Methodik wird in den Fallbeispielen in Kapitel 5.5 illustriert. Wie dargestellt bestehen die Diskussionspunkte der vorgeschlagenen Methode darin, dass die Herleitung der Korrelation zwischen den Siedepunkten bzw. Dampfdrücken und der Innenraumlufkonzentration nur für chemisch miteinander verwandte Stoffe gilt. Die Herleitung wird weiters eingeschränkt durch den Untersuchungsumfang der zugrunde liegenden Literatur sowie die Unkenntnis über genaue Herkunft, Einsatzmengen und damit die Ausgangskonzentrationen der emittierten Stoffe.

³⁵ Die Bewertung für die Errichtungsphase ist ebenso möglich:

QK	Errichtungsphase (k)
A	$MAL < 30$
B	$30 \leq MAL < 400$
C	$400 \leq MAL < 1600$
D	$MAL \geq 1600$

Das vorgeschlagene Konzept dürfte vermutlich für eine Mehrzahl der VOC bei Anwendungen mit ungehinderter Abdampfung (z.B. Oberflächenbeschichtungen) anwendbar sein, das bedeutet, dass der Dampfdruck von der Größenordnung her auch eine Maßzahl für die zu erwartende Innenraumlufkonzentration in der Nutzungsphase darstellt. Größere Unsicherheiten ergeben sich vermutlich dann, wenn eine lösungsmittelhaltige Zubereitung unterhalb einer diffusionshemmenden Zwischenlage (z.B. Kleber unter Kunststoffbodenbelag, Teppich) angewendet wird. In diesem Fall muss das im Kleber enthaltene Lösungsmittel vor der Verdampfung durch eine mehr oder weniger diffusionshemmende Zwischenschicht diffundieren, es kommt zu einer Depotbildung und verzögerten Abdampfung der Lösungsmittelbestandteile in die Raumluf. In der Praxis sind diese Effekte bei typischen Lösungsmittelbestandteilen wie Toluol (Dampfdruck 29 hPa) oder Cyclohexan (Dampfdruck 127 hPa) bekannt. Anwendungen von cyclohexanhaltigen Lösungsmitteln, die in der Regel auch deren Isoverbindungen wie Methylcyclopentan (Dampfdruck 1500 hPa) in Teppichklebern zeigten eine über Monate anhaltende Abgasung, obwohl die darüber liegende Teppichlage relativ diffusionsoffen war. Methylcyclopentan war z.B. in relevanten Konzentrationen nachweisbar, obwohl deren Gewichtungsfaktor k_{Nu} aufgrund der hohen Flüchtigkeit als 0 eingestuft wird (Tappler 2004b). In verstärktem Ausmaß ist dieser Effekt bei diffusionsdichteren Lagen wie Kunststoffbodenbelägen zu erwarten.

Denkbar wäre daher, bei der Ermittlung der MAL Codes in der Nutzungsphase eine Vorgangsweise zu wählen, die diese Effekte berücksichtigt. Bei bestimmten Anwendungen könnte ein zusätzlicher Gewichtungsfaktor abhängig von der Anwendungsart k_{An} eingeführt und der Faktor k_{Nu} für bestimmte leichtflüchtigere Bestandteile angepasst werden. Diese Variante der Anpassung ist in den Berechnungsbeispielen in Kapitel 5.5 jedoch nicht berücksichtigt worden.

Tab. 5.11: Gewichtungsfaktoren für Art der Anwendung für die Nutzungsphase, Wirkungskategorie "Inhalative Toxizität"

Anwendungsart	Gewichtungsfaktor k_{Nu} für Substanzen mit Dampfdruck $200 < p < 3000$	Gewichtungsfaktor k_{An}
Offene Anwendung mit ungehinderter Verdampfung der Lösungsmittel	0	1
Anwendung im Inneren eines Bauteiles (z.B. in Trittschalldämmung, im Inneren von Wänden etc.)	0,3	2
Anwendung unter textilen Bodenbelägen	0,3	3
Anwendung unter Kunststoffbelägen oder anderen stark die Diffusion bremsenden Lagen	0,3	5

Im Rahmen des Projektes hat es einen gegenseitigen Informationsaustausch mit dem Projekt IXBau-Datenbank gegeben, so dass beide Projekte voneinander profitieren konnten. In

der IXBAU-Datenbank werden ökologisch verträgliche Bauprodukte und Bauchemikalien im Internet online abrufbar sein. Die Datenbank wird von der Beratungsfirma bauXund³⁶ in Kooperation mit dem Institut für Baubiologie und -ökologie (IBO) im Auftrag der Stadt Wien und des ÖkobauClusters Niederösterreich erstellt. Zur Bewertung der Innenraumrelevanz wurde für die IXBau-Datenbank der Zugang über eine Adaption des dänischen Mal-Codes aufgegriffen. Da die Weiterentwicklung zum Zeitpunkt des Abschlusses des Sibat-Projektes noch in Arbeit ist, müssen weitere Ergebnisse abgewartet werden.

³⁶ www.bauXund.at

Tab. 5.12: Wirkungskategorie "Inhalative Toxizität"

Inhalative Toxizität			A	B	C	D
1	Prüfkammer-Messungen von Einzelsubstanzen vorhanden	NPG-Liste *	natureplus-Grenzwerte eingehalten	NIK-Werte eingehalten und Richtwerte für die Innenraumlufte für Deutschland und Österreich ** eingehalten	Bei Betrachtung aller VOC mit einer Konz. $\geq 0,005 \text{ mg/m}^3$: $R = \sum C_i / \text{NIK}_i \leq 1^{***}$	Bei Betrachtung aller VOC mit einer Konz. $\geq 0,005 \text{ mg/m}^3$: $R = \sum C_i / \text{NIK}_i > 1^{***}$
1M	Prüfmethode		ENV 13419 1-3, ISO 16000-6			
2	keine Prüfkammernmessungen nach AgBB vorhanden -> vorläufige Alternative für Zubereitungen: adaptierter MAL Code oder BauTox-Index	adaptiertes MAL	Im Rahmen dieses Projektes konnte noch keine endgültige Bewertungsskala vereinbart werden. Vorschläge zur Vorgangsweise finden sich in Kapitel 5.4.3.2			
		BauTox	Da im Rahmen dieses Projektes keine ausreichende Berechnung des BauTox-Index möglich war, kann an dieser Stelle keine Abstufung in Kategorien vorgeschlagen werden.			
Bemerkungen: * NPG...natureplus-Grenzwertliste (s. www.natureplus.org unter Qualitätszeichen/Vergaberichtlinien) ** siehe Kapitel 2.2.3.15, Tabellen 2.6 bis 2.8 Österreichische und deutsche Richtwerte für ausgewählte VOC *** siehe Anhang Kapitel A 3.1 AgBB-Konzept						

5.4.4 Vorsorgekategorie

Mit dieser Kategorie werden Stoffwirkungen abgedeckt bzw. bewertet, die über andere Bewertungskategorien nicht erfasst werden, aus der Sicht des Vorsorgeprinzips aber relevant sind. Es handelt sich dabei um eine Wirkungskategorie, die nicht nur vermutete gesundheitlich nachteilige Wirkungen bewertet, sondern zusätzlich in den Auswirkungen unklare und diffuse, dafür aber ubiquitäre Belastungen beschreibt. Die dabei betrachteten "Wirkungen" bzw. "Belastungen" sind:

- Stoffe mit nachgewiesener oder vermuteter Wirkung auf das Hormonsystem (Endocrine Disrupters): Dazu besteht keine abgeschlossene wissenschaftliche Diskussion und es sind noch keine oder nur teilweise Regelungen in Form von Einstufungen, Verboten oder Verwendungsbeschränkungen erlassen. Von einer Unbedenklichkeit der Stoffe ist aber nicht auszugehen.
- Organische Stoffe mit auffälligen Befunden in Hausstaubmessungen: Als "bedenklich" auch ohne dem Vorliegen detaillierter toxikologischer Einschätzungen sind Stoffe anzusehen, welche im Monitoring von Innenräumen – etwa Hausstaubmessungen – wiederholt, häufig und im größeren Ausmaß angefundene werden. Für diese Stoffe wurden auch bereits Orientierungswerte für ihren Gehalt in der Innenraumluft und im Hausstaub festgelegt (AGÖF 2004).

Aufgrund meist fehlender toxikologischer Daten ist mit der Bewertung keine Aussage darüber verbunden, ob tatsächlich gesundheitlich nachteilige Wirkungen vorliegen. Von einer generellen gesundheitlichen Unbedenklichkeit der einzelnen Stoffe ist aber nicht auszugehen.

Es wurde eine Prüfliste von Stoffen erstellt, die sicher bzw. möglicherweise in Bauprodukten eingesetzt werden (siehe Tabelle 5.14 a-d). In die Bewertung dieser Stoffe fließen Erkenntnisse ein, die einerseits auf Datenerhebungen der EU zu endokrin wirksamen Substanzen aufbauen, andererseits wurden für die Bewertung der Relevanz von Stoffen im Hausstaubmonitoring mehrere und als repräsentativ erachtete Forschungsberichte herangezogen. Manche der im Hausstaub angefundene Stoffe werden in verschiedenen Konsumprodukten verwendet, eine ausschließliche Herkunft aus Bauprodukten ist also nicht anzunehmen. Es wird aber davon ausgegangen, dass Bauprodukte zur einer Erhöhung der diffusen Gesamtbelastung beitragen können. Bewertet sind nur Stoffe, bei denen zumindest Werte aus einem Hausstaubmonitoring vorliegen

5.4.4.1 Datengrundlage

Als Grundlage für die Erstellung der Stoffliste bzw. die Bewertung wurden folgende Dokumente ausgewertet:

- Stoffe und Bewertung der hormonellen Wirkung:

Commission Staff Working Document on implementation of the Community Strategy for Endocrine Disruptors – a range of substances suspected of interfering with the hormone systems of humans and wildlife (COM (1999) 706). SEC (2004) 1372.

- Stoffe im Hausstaubmonitoring:

I) Butte, W.; Hoffmann, W.; Schmidt, A. & Walker, G.: Endokrin wirksame Substanzen im Hausstaub: Ergebnisse eines repräsentativen Monitorings. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 61 (2001) Nr 1 / 2, S. 19 – 23.

II) Kersten, W.; Reich, T.: Schwer flüchtige organische Umweltchemikalien in Hamburger Hausstäuben. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 63 (2003) Nr 3, S. 85 – 91.

III) Pardemann und Wensing (1999); Sagunski et al. (1997); Ingerowski et a. (2001) zitiert in: Salthammer, T. & Wensing, M.: Proceedings of the 9th international Conference on Indoor Air Quality and Climate. Monterey, California (30.6 – 7.7 2002) S 213 – 218.

5.4.4.2 Bewertungskriterien

Bei der Bewertung der endokrinen Wirksamkeit werden folgende Kategorien unterschieden:³⁷

- Category 1: "Evidence for endocrine disruption in living organisms" (Evidenz endokriner Wirksamkeit in lebenden Organismen),
- Category 2: "Evidence of potential to cause endocrine disruption" (Potenzial zu endokriner Wirksamkeit in lebenden Organismen),
- I.d.: Insufficient data (unvollständige Datenbasis)³⁸. In einer Liste werden Stoffe ausgewiesen, die umweltpersistent sind oder für die eine erhöhte Exposition anzunehmen ist, für die aber eine unzureichende Datengrundlage in Hinblick auf die Einschätzung ihrer endokrinen Wirkung besteht. Dieser Umstand wird ebenfalls in die Bewertung integriert.

In der Gesamtschau der ausgewerteten Literatur wird vorgeschlagen, zwischen folgenden Bereichen zu unterscheiden:

- Bereich 1: ≤ 10 mg / kg Hausstaub (95% Perzentil),
- Bereich 2: > 10 mg / kg Hausstaub (95% Perzentil).

Für die praktische Anwendung sind entsprechende Herstellerangaben erforderlich, wobei in Erfahrung gebracht wird, welche in der Liste enthaltenen Stoffe in der jeweiligen Fertigware oder als Rezepturbestandteile (nicht als Verunreinigung!) enthalten sind. Hierin liegt wahrscheinlich das Haupthindernis für mögliche Anwendungen. Ersatzweise bzw. unter Inkaufnahme einer verminderten Aussagekraft wäre das Bewerten auf Basis von Standardrezepturen möglich.

³⁷ Basis: Commission Staff Working Document on implementation of the Community Strategy for Endocrine Disruptors. SEC (2004) 1372.

³⁸ Table 4 des Commission Staff Working Document (S. 50).

Tab. 5.13: Vorsorgekategorie

Vorsorgekategorie			A	B	C	D
	Inhaltsstoffe mit Verdacht auf endokrine Wirkung und Inhaltsstoffe mit "signifikanten" Konzentrationen im Innenraummonitoring	Liste Tab. 5.14 - 5.17	Keine Inhaltsstoffe mit Verdacht auf endokrine Wirkung Category 1 oder 2; Hausstaubmonitoring \leq 10 mg/kg (95% Perzentil)	Keine Inhaltsstoffe mit Verdacht auf endokrine Wirkung Category 1 oder 2; Hausstaubmonitoring $>$ 10 mg/kg (95% Perzentil)	Inhaltsstoffe mit unzureichender Datenbasis (insufficient data; l.d.) oder unzureichende Herstellerdeklaration.	Inhaltsstoffe mit endokriner Wirkung Category 1 oder 2
			Es ist vom Hersteller eine Bestätigung vorzulegen, dass keine Stoffe mit endokriner Wirkung Category 1 oder 2 enthalten sind.			

Tab. 5.14: Prüfliste "Endokrine Wirkung und Hausstaubmonitoring"

Stoff- gruppe	Kapitel	Bezeichnung	CAS Nr.	Endokrine Wirkung										Gesamt- bewertung
				Category	MW 1 (mg/kg; 95% Per- zentil)	n	Lit.	MW 2 (mg/kg; 95% Per- zentil)	n	Lit.	MW 3 (mg/kg; 95% Per- zentil)	n	Lit.	
Phthalate	2.2.3.7	Di-(2-ethylhexyl)- phthalat (DEHP)	117-81-7		2600	286	I	1600	65	II				2 ³⁹
		Butylbenzylphthalat (BBP)	85-68-7		320	286	I	230	65	II				2
		Di-n-butylphthalat (DBP)	84-74-2		240	286	I	180	65	II				2 ⁴⁰
		Di-iso-butylphthalat			130	286	I	78	65	II				2
		Di-iso-decylphthalat	26761-40-0		340	62	II							2
		Di-iso-nonylphthalat (DiNP)	84-76-4		540	62	II							2
		Dicyclohexylphthalat (DCHP)	84-61-7	1	5	65	II							4

³⁹ Eingestuft als CMR Kat. 2 mit R60-61, führt in der Wirkungskategorie CMR ab einem Gehalt von > 0,1% zur Beurteilung als Qualitätsklasse D für CMR.

⁴⁰ Eingestuft als CMR Kat. 2 mit R 61-50-62, führt in der Wirkungskategorie CMR ab einem Gehalt von > 0,1% zur Beurteilung als D für CMR.

Tab. 5.15: Prüfliste "Endokrine Wirkung und Hausstaubmonitoring", Fortsetzung

Stoffgruppe	Kapitel	Bezeichnung	CAS Nr.	Endokrine Wirkung										Gesamtbewertung
				Category Datenbasis	MW 1 (mg/kg; 95% Perzentil)	n	Lit.	MW 2 (mg/kg; 95% Perzentil)	n	Lit.	MW 3 (mg/kg; 95% Perzentil)	n	Lit.	
Phthalate	2.2.3.7	Bis (2-methoxyethyl)phthalat			8	65	II							1
		Diethylphthalat	117-84-0	I.d.	73	65	II							3
		Dimethylphthalat			20	65	II							2
		Dipropylphthalat			2	62	II							1
		Diallylphthalat			1	65	II							1
		Diphenylphthalat			<1	65	II							1
		Diethylphthalat (DEP)	84-66-2	1	350	65	II							4
Phenole		Nonylphenol-ethoxylat	9016-45-9	1										4
		4-tert Octylphenol	140-66-9		0,9	286	I							1
		n-Octylphenol			1,5	286	I							1
		Bisphenol A	80-05-7		9,2	286	I							1

Tab. 5.16: Prüfliste "Endokrine Wirkung und Hausstaubmonitoring", Fortsetzung

Stoffgruppe	Kapitel	Bezeichnung	CAS Nr.	Endokrine Wirkung										Gesamtbewertung
				Category Datenbasis	MW 1 (mg/kg; 95% Perzentil)	n	Lit.	MW 2 (mg/kg; 95% Perzentil)	n	Lit.	MW 3 (mg/kg; 95% Perzentil)	n	Lit.	
Pyrethroide	2.2.4.5	Deltamethrin	52918-63-5	1	0,4	65	II							1
		Cyfluthrin			0,3	65	II							1
		Cypermethrin	52315-07-8	2	0,2	65	II							4
		Cyhalothrin			<0,1	65	II							1
		Tetramethrin	7696-12-0		0,2	65	II							1
		Permethrin	52645-53-1	2	43, 37, 73	286, 336, 220	I	110	65	II				4
Synergist		Piperonylbutoxid (PBO)	51-03-6	2	3,1	13	II						4	
Chlorparaffine	2.2.8.6	Kurzkettig, C10-13	85535-84-8	1	180	62	II						4	
		Mittelkettig, C14-17	85535-85-9	1	150	62	II						4	

Tab. 5.17: Prüfliste "Endokrine Wirkung und Hausstaubmonitoring", Fortsetzung

Stoff- gruppe	Kapitel	Bezeichnung	CAS Nr.	Endokrine Wirkung										Gesamt- bewertung	
				Category Daten- basis	MW 1 (mg/kg; 95% Per- zentil)	n	Lit.	MW 2 (mg/kg; 95% Per- zentil)	n	Lit.	MW 3 (mg/kg; 95% Per- zentil)	n	Lit.		
Organo- phosphate	2.2.8.3 2.2.8.4	Tris-(2-butoxy-ethyl)- phosphat (TBEP)	78-51-3		40	65	II	37,8	50	III				2	
		Triphenylphosphat (TPP)	115-86-6		16	65	II	13,8	50	III				2	
		Trikresylphosphat (TKP)			15	65	II	18	50	III				2	
		Tris-(chloropropyl)- phosphat (TCPP)	13674-84-5		12	63	II					7,5	47	III	2
		Tris-(dichlorpropyl)- phosphat (TDCPP)	13674-87-8		6,8	62	II	5,1	37	III				1	
		Tris-(2-chlorethyl)- phosphat (TCEP)	115-96-8		6,2	65	II							1	
		Tributylphosphat (TBP)	126-73-8		1,5	65	II	1,7	50	III				1	
		Tris-(2-ethylhexyl)- phosphat (TEHP)			0,9	62	II	0,8	50	III				1	

5.4.5 Sensibilisierung

Bewertet werden die haut- und atemwegsensibilisierenden Stoff- und Produkteigenschaften anhand von Emissionsmessungen bzw. nach den Inhaltsstoffen entsprechend der Chemikalienkennzeichnung. Für eine Einstufung in "A" eignet sich das Vorliegen von Prüfzeichen, sie kann aber auch auf Basis entsprechender Herstellerdeklarationen bzw. -garantien erfolgen. Das alleinige Vorliegen eines Sicherheitsdatenblattes reicht für die Einstufung in die Qualitätsklasse A jedoch nicht aus, da sensibilisierende Stoffe unter 0,1% (gilt für R42, R43) nicht deklariert werden müssen. Für eine mögliche Bewertung für die Errichtungsphase sollten im Sinne des Vorsorgeprinzips die gleichen Kriterien gelten.

Für nachgeordnete Einstufungen wird nach den Daten des Sicherheitsdatenblattes bewertet. Eine Ausnahme von dieser Vorgangsweise ist gegeben, wenn die sensibilisierenden Stoffe in der Verarbeitungsphase abreagieren. Dann kann für die Nutzungsphase eine Einstufung auch in "A" erfolgen, wenn aus Literaturdaten bekannt ist, dass die Reaktion quantitativ verläuft. Dies wäre z.B. für sehr schnell ausreagierende PU-Schäume der Fall. Keine quantitativ ablaufende Reaktion wäre dagegen z.B. für styrolhaltige Feuchtsisolierungen zu erwarten, die unter Anwendung eines Härters zu Polystyrol reagieren.

Für die Wirkungskategorie "Sensibilisierung" wird vorgeschlagen, dass die Kriterien zwar abgefragt werden, von einer Darstellung im TQ-Zertifikat jedoch abgesehen wird. Für die entsprechenden Testverfahren zur Einstufung von Stoffen, wie Tierversuchen und bevorzugten Testverfahren zur Objektivierung immunologischer Reaktionen in vitro besteht noch Forschungsbedarf. Voreilige Rückschlüsse auf ein allergiefreies Produkt oder im Endeffekt auf ein allergiefreies Gebäude sollten vermieden werden.

Tab. 5.18: Wirkungskategorie Sensibilisierung

Sensibilisierung		A	B	C	D
1	Prüfkammermessung sensibilisierender Subst nach 28 Tagen vorhanden	sensibilisierende Emissionen $\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$			sensibilisierende Emissionen $> 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	Prüfmethode	ENV 13419-3, DIN ISO 16000 - 6, Summe sensibilisierender Stoffe gem. „MAK IV“; 28 d			
2	keine Prüfkammer-Messungen vorhanden, Alternative für Zubereitungen		Inhaltsstoffe mit R42, R43, R42/43 $< 0,1\%$ *	Inhaltsstoffe mit R42, R43, R42/43 $< 1\%$ **	Inhaltsstoffe mit R42, R43, R42/43 $\geq 1\%$
	Definition und Bemerkungen	Inhaltsstoffe mit R42, R43, R42/43 bzw. nach TRGS 907 * Überschreitet ein sensibilisierender Inhaltsstoff den Wert 0,1% im Produkt, ist im Sicherheitsdatenblatt folgender Hinweis notwendig: „Enthält Kann allergische Reaktionen hervorrufen“ ** Überschreitet ein atemweg- oder hautsensibilisierender Inhaltsstoff diesen Wert, erfolgt eine Kennzeichnung des Produktes als haut- bzw. atemwegssensibilisierend (Xn mit R42 bzw. R43)			

5.4.6 Geruch

Die Geruchsprüfung erfolgt anhand der Norm SVN 19561 oder einem damit gleichwertigen Verfahren.

Da es für die Einstufung in die jeweilige Geruchsnote national unterschiedliche Vorgangsweisen gibt und damit Prüfergebnisse aus verschiedenen Ländern nicht direkt vergleichbar sind, wird empfohlen, diese Wirkungskategorie nur im TQ-Planungstool abzufragen, aber nicht im TQ-Zertifikat "Planung" auszuweisen.

Tab. 5.19: Wirkungskategorie Geruch

Geruch		A	B	C	D
1	Messung vorhanden	organolept. (hedon) ≤ 2 Geruchsnote z.B nach SNV19561 und Aldehyde $\leq 180 \mu\text{g}/\text{m}^3$	organolept. (hedon) ≤ 2 Geruchsnote z.B nach SNV19561	organolept. (hedon) ≤ 3 Geruchsnote z.B nach SNV19561	organolept. (hedon) > 3 Geruchsnote z.B nach SNV19561

5.5 BEWERTUNGSBEISPIEL PARKETTLACKE

5.5.1 Produktbeschreibung

Basis des Bewertungsbeispiels sind 5 Parkettlacke⁴¹ bzw. deren Sicherheitsdatenblätter, welche ohne besondere Vorgaben über eine Stichwortsuche aus dem Internet recherchiert wurden. Die Lacke stammen von drei verschiedenen deutschen Herstellern und sind für die Behandlung von Parkettböden vorgesehen. Es handelt sich dabei um zwei wasserbasierende Systeme (PL1, PL2), ein wasserbasierendes PU 2 Komponenten System mit Lack und Härter (PL3), einen lösungsmittelhaltigen PU Lack (PL4) sowie eine lösemittelhaltige Grundierung (PL5). Von den Produkten weisen PL1 und PL3 eine GISCODE-Kennzeichnung auf. Auf Kontakte mit den Herstellern zwecks Vervollständigung oder Präzisierung von Rezepturangaben wurde verzichtet, die Datengrundlage der Bewertung bildet somit das jeweilige Sicherheitsdatenblatt ergänzt durch allgemein zugängliche Stoffdaten und stellt – aus Sicht der Datenverfügbarkeit – zugleich einen "Worst Case" dar. In Sicherheitsdatenblättern werden jeweils nur Konzentrationsbereiche für die angeführten Inhaltsstoffe angegeben. In den folgenden Beispielen, musste daher als schlechtestes anzunehmender Fall, jeweils die obere Konzentrationsgrenze genutzt werden. Dies führt auch dazu, dass mitunter die Summe der Inhaltsstoffe 100% übersteigt.

⁴¹ abgekürzt als PL1, PL2, PL3, PL4 & PL5.

Tab. 5.20: Übersicht über Beispielprodukte Parkettlacke

Kürzel	Herstellerangaben	Gefährliche Inhaltsstoffe (CAS) aut SDBI
PL1	Siegellack auf Basis wasser- verdünnter Polyurethan- /Acrylharze und kleinen Anteilen Lösungsmittel GISCODE: W2	N-Methyl-pyrrolidon (872-50-4): > 2,5-10%
PL2	Wässrige Zubereitung auf Basis Polyurethan- /Acrylatdispersion und Additi- ven	2-Butoxy-ethanol (111-76-2): < 6,0% Methyldiglycol (111-77-3): < 2,5%
PL3	Wässriger 2-komponentiger Polyurethanlack (Stammlack und Härter werden im Ver- hältnis 10:0,8 gemischt) Lack: GISCODE W3 Härter: GISCODE DD1	<u>Lackkomponente:</u> N-Methyl-pyrrolidon (872-50-4): < 7,5% <u>Härterkomponente:</u> Aliphatisches Polyisocyanat: 70-100% Hexamethylen-1,6-diisocyanat (822-06-0): < 0,25% 2-Methoxy-1-methylethylacetat (108-65-6): 15-25%
PL4	Holzbeschichtung Polyu- rethanlack	Essigsäure-n-butylester: 25-50% Lösungsmittelnaphtha (Erdöl) mit < 0,1% Benzolgehalt (64742-95-6): 10-25% 2-Methoxy-1-methylethylacetat (108-65-6): 10-25% 5-Methyl-3-heptanon (541-85-5): 2,5-10% 2,4-(2,6)-Diisocyanatoluol-Gemisch (1321-38-6): < 0,5%
PL5	Grundierung	Ethanol (64-17-5): 25-50% Isopropanol (67-63-0): 25-50% 1-Butanol: 2,5-10% 1-Methoxy-2-propanol (107-98-2): 2,5-10%

5.5.2 Erläuterungen

In der Folge werden die zu den 5 Parkettlacken verfügbaren Datensätze ("Basisdaten") anhand der 6 Bewertungskriterien bewertet. Dazu folgende Anmerkungen bzw. Erläuterungen:

- "Basisdaten Konz. (%)": Konzentrationsangaben stammen aus dem Sicherheitsdatenblatt, bei Angabe von Bereichen wird die Höchstkonzentration übernommen,
- "Basisdaten Typ": Einteilung nach der Flüchtigkeit des Stoffes (WHO 1989) in VVOC: bis 50/100°C; VOC: 50/100 bis 240/260°C; SVOC: 240/260 bis 380/400°C. Der jeweils höhere Wert gilt für polare Verbindungen,
- Inhalative Toxizität: "MAL Faktor" = $k \cdot 10.000 / \text{MAK}$,
- Inhalative Toxizität: "MAL" = "MAL Faktor" • Dichte • Konz. (%).

5.5.3 Parkettlack PL1: Siegellack auf Basis wasserverdünnter Polyurethan-/Acrylharze und kleinen Anteilen Lösungsmittel

Prüfzeichen GISCODE (W2); Dichte: 1,0 kg/l

Gefährliche Inhaltsstoffe	CAS	Konz.(%)	R-Sätze	MAK (mg/m ³)	Dampfdruck (hPa, mbar)	Dampfdruck (mm Hg)	Siedepunkt (°C)	Typ
N-Methyl-2-pyrrolidon	872-50-4	10	36/38	80	0,3	0,2	204	VOC

	Emissions- daten	Inhaltsstoffe, auf welche Kriterien anzuwenden sind	Konz. (%)	Kriterium	QK
CMR	keine	keine	-	CMR Kat. 1,2 ≤ 0,1% CMR Kat. 3 ≤ 1%	C
Sensibilisierung	keine	keine	-	Keine Hinweis auf allergische Reaktionen im SDBI, daher kein sens. Inhaltsstoff > 0,1%.	B
Reizungen	keine	N-Methyl-pyrrolidon: VOC	max. 10%	2S2: VOC < 15%	C

	Inhaltsstoff mit MAK-Wert	MAK (mg/m ³)	k _{Nu}	MAL Faktor	MAL	m ³ Luft/l Produkt	QK
Inhalative Toxizität	N-Methyl-2-pyrrolidon	80	1,4	175	1750	1750	D

	Herstellerbestätigung	"Bedenkliche Stoffe" lt. Prüfliste, im SDBI.	Kriterium	QK
Vorsorgekategorie	keine	keine	Unzureichende Datenbasis	C
Geruch	Kein Prüferfordernis			-

5.5.4 Parkettlack PL2: Zubereitung auf Basis Polyurethan-/Acrylatdispersion und Additiven

Dichte: 1,02 kg/l

Gefährliche Inhaltstoffe	CAS	Konz.(%)	R-Sätze	MAK (mg/m ³)	Dampfdruck (hPa, mbar)	Dampfdruck (mm Hg)	Siedepunkt (°C)	Typ
2-Butoxy-ethanol	111-76-2	3	20/21/22-36/38	100	0,77	0,6	171	VOC
Methyldiglykol	111-77-3	2,5	63	123	0,24	0,18	194	VOC

	Emissionsdaten	Inhaltsstoffe, auf welche Kriterien anzuwenden sind	Konz. (%)	Kriterium	QK
CMR	keine	Methyldiglykol	2,5	Stoff mit R63 > 1%	D
Sensibilisierung	keine	keine	-	Keine Hinweis auf allergische Reaktionen im SDBI, daher kein sens. Inhaltsstoff > 0,1%.	B
Reizungen	keine	2-Butoxy-ethanol: VOC Methyldiglykol: VOC	5,5	2S2: VOC < 8%	B

	Inhaltsstoff mit MAK-Wert	MAK (mg/m ³)	k _{Nu}	MAL Faktor	MAL	m ³ Luft/l Produkt	QK
Inhalative Toxizität	2-Butoxy-ethanol	100	1,4	140	428	718	C
	Methyldiglykol	123	1,4	114	290		

	Herstellerbestätigung	"Bedenkliche Stoffe" lt. Prüfliste, im SDBI.	Kriterium	QK
Vorsorgekategorie	keine	Keine	Unzureichende Datenbasis	C
Geruch	Kein Prüferfordernis			-

5.5.5 Parkettlack PL3: Wässriger 2-komponentiger Polyurethanlack

Stammlack und Härter werden im Verhältnis 10:0,8 gemischt. Prüfzeichen Lack: GISCODE W3; Prüfzeichen Härter: GISCODE DD1;
Dichte (Lack): 1,03 kg/l; Dichte (Härter): 1,12 kg/l

Gefährliche Inhaltstoffe	CAS	Konz.(%)	R-Sätze	MAK (mg/m ³)	Dampfdruck (hPa, mbar)	Dampfdruck (mm Hg)	Siedepunkt (°C)	Typ
N-Methyl-pyrrolidon (Lack)	870-50-4	7,5	36/38	80	0,3	0,2	204	VOC
Aliphatisches Polyisocya- nat (Härter)		100	43					
Hexamethylen-1,6- diisocyanat (Härter)	822-06-0	0,15	23- 36/37/38- 42/43	0,035	0,014	0,01	255	VOC
2-Methoxy-1- methylethylacetat (Härter)	108-65-6	25	10-36	275	5	3,75	150	VOC

	Emissions- daten	Inhaltsstoffe, auf welche Krite- rien anzuwenden sind	Konz. (%)	Kriterium	QK
CMR	keine	-	-	CMR Kat.1,2 ≤ 0,1% CMR Kat. 3 ≤ 1%	C
Sensibilisierung	keine	Aliphatisches Polyisocyanat (Härter): R43 Hexamethylen-1,6-diisocyanat (Härter): R42/43	100 0,5	Sens. Stoffe reagieren in der Errichtungsphase quantitativ ab (expert judgement)	B

	Emissionsdaten	Inhaltsstoffe, auf welche Kriterien anzuwenden sind	Konz. (%)*	Kriterium	QK
Reizungen	keine	N-Methyl-pyrrolidon (Lack): VOC; 2-Methoxy-1-methylethylacetat (Härter):VOC	ca. 7 ca 2	2S2: VOC < 15%	C

* geschätzte Konzentrationen in der Mischung (L:H = 10:0,8)

	Inhaltsstoff mit MAK-Wert	MAK (mg/m ³)	k _{Nu}	MAL Faktor	MAL	m ³ Luft/l Produkt	QK
Inhalative Toxizität	N-Methyl-2-pyrrolidon (Lack)	80	1,4	175	1352	Lack: 1352 Härter: 1311	C
	Hexamethylen-1,6-diisocyanat (Härter)	0,035	Keine Auswertung: reagiert während der Errichtungsphase ab			Mischung (L:H = 10: 0,8):1349	
	2-Methoxy-1-methylethylacetat (Härter)	275	1,4	51	1311		

	Herstellerbestätigung	"Bedenkliche Stoffe" lt. Prüfliste, im SDBI.	Kriterium	QK
Vorsorgekategorie	keine	Keine	Unzureichende Datenbasis	C
Geruch	Kein Prüferfordernis			-

5.5.6 Parkettlack PL4: Lösungsmittelhaltiges System – Holzbeschichtung Polyurethanlack

Dichte: 0,95 kg/l

Gefährliche Inhaltstoffe	CAS	Konz.(%)	R-Sätze	MAK (mg/m ³)	Dampfdruck (hPa, mbar)	Dampfdruck (mm Hg)	Siedepunkt (°C)	Typ
Essigsäure-n-butylester	123-86-4	50	66-67	950	11	-	127	VOC
Lösungsmittelnaphtha (Benzol <0,1%)	64742-95-6	25	37-65-66- 67	200	n.b.	-	150 – 195	VOC
2-Methoxy-1- methylethylacetat	108-65-6	25	36	275	5	-	150	VOC
5-Methyl-3-heptanon	541-85-5	10	20	53	2,7	-	169	VOC
2,4-(2,6)- Diisocyanatoluol Ge- misch	1321-38-6	0,5	26- 36/37/38 – 40- 42/43	0,035	0,07	-	250	VOC

	Emissions- daten	Inhaltsstoffe, auf welche Kriterien anzuwenden sind	Konz. (%)	Kriterium	QK
CMR	keine	2,4-(2,6)-Diisocyanatoluol Gemisch: R40	0,5	CMR Stoffe Kat. 3 reagieren in der Errichtungs- phase quantitativ ab (expert judgement)	B
Sensibilisierung	keine	2,4-(2,6)-Diisocyanatoluol Gemisch: R42/43	-	Sens. Stoffe reagieren in der Errichtungsphase quantitativ ab (expert judgement)	B

	Emissionsdaten	Inhaltsstoffe, auf welche Kriterien anzuwenden sind	Konz. (%)	Kriterium	QK
Reizungen	keine	Essigsäure-n-butylester Lösungsmittelnaphtha (Benzol <0,1%) 2-Methoxy-1-methylethylacetat 5-Methyl-3-heptanon	50 25 25 10	2S2: VOC >15%	D

	Inhaltsstoff mit MAK-Wert	MAK (mg/m ³)	k _{Nu}	MAL Faktor	MAL	m ³ Luft/l Produkt	QK
Inhalative Toxizität	Essigsäure-n-butylester	950	0,7	7,3	350	3935	D
	Lösungsmittelnaphtha (Benzol <0,1%)	200	1	50	1188		
	2-Methoxy-1-methylethylacetat	275	0,7	25,4	605		
	5-Methyl-3-heptanon	53	1	188,7	1792		
	2,4-(2,6)-Diisocyanatoluol Gemisch	0,035	Keine Auswertung (reagiert in der Errichtungsphase ab)				

	Herstellerbestätigung	"Bedenkliche Stoffe" lt. Prüfliste, im SDBI.	Kriterium	QK
Vorsorgekategorie	keine	Keine	Unzureichende Datenbasis	C
Geruch	Kein Prüferfordernis			-

5.5.7 Parkettlack PL5: Grundierung

Dichte: 0,844 kg/l

Gefährliche Inhaltstoffe	CAS	Konz.(%)	R-Sätze	MAK (mg/m ³)	Dampfdruck (hPa, mbar)	Dampfdruck (mm Hg)	Siedepunkt (°C)	Typ
Ethanol	64-17-5	50		960	59		78	VOC
Isopropanol	67-63-0	50	36-67	500	41,6		82	VOC
1-Butanol	71-36-3	10	20	310	6,7		118	VOC
1-Methoxy-2-propanol	107-98-2	10		370	12		120	VOC

	Emissions- daten	Inhaltsstoffe, auf welche Kriterien anzuwenden sind	Konz. (%)	Kriterium	QK
CMR	keine	keine	-	CMR Kat.1,2 ≤ 0,1% CMR Kat. 3 ≤ 1%	C
Sensibilisierung	keine	keine	-	Keine Hinweis auf allergische Reaktionen im SDBI, daher kein sens. Inhaltsstoff > 0,1%.	B
Reizungen	keine	Ethanol:VOC Isopropanol:VOC 1-Butanol 1-Methoxy-2-propanol	50 50 10 10	2S2: VOC > 15%	D

	Inhaltsstoff mit MAK-Wert	MAK (mg/m ³)	k _{Nu}	MAL Faktor	MAL	m ³ Luft/l Produkt	QK
Inhalative Toxizität	Ethanol	960	0,3	3,1	148	905	C
	Isopropanol	500	0,3	6	285		
	1-Butanol	310	0,7	22,6	215		
	1-Methoxy-2-propanol	370	1	27	257		

	Herstellerbestätigung	"Bedenkliche Stoffe" lt. Prüfliste, im SDBI.	Kriterium	QK
Vorsorgekategorie	keine	Keine	Unzureichende Datenbasis	C
Geruch	Kein Prüferfordernis			-

5.5.8 Vergleichende Gesamtbewertung Parkettlacke

Tab. 5.21: Vergleichende Gesamtbewertung Parkettlacke

Kürzel	Spezifikation	Prüfzeichen	CMR	Sensibilisierung	Reizungen	Inhalative Toxizität	Vorsorgekategorie
PL 1	System auf Wasserbasis	GISCODE W2	C	B	C	D	C
PL 2	System auf Wasserbasis		D	B	B	C	C
PL 3	2 Komponenten System auf Wasserbasis	GISCODE W3 DD1	C	B	C	C	C
PL 4	Lösungsmittelhaltiges System		B	B	D	D	C
PL 5	Lösungsmittelhaltiges System		C	B	D	C	C

5.6 BEWERTUNGSBEISPIEL BODENBELÄGE

5.6.1 Produktbeschreibung

Basis des Bewertungsbeispiels sind 32 Bodenbeläge unterteilt in Holzböden (HB), Textile Bodenbeläge (TB) und elastische Bodenbeläge (EB).

Tab. 5.22: Unterteilung Bodenbeläge

Holzböden HB	<ul style="list-style-type: none"> - Schiffs-, Dielen-, Massivholzböden - Parkettstäbe mit Nut und/oder Feder - Vollholz-Lamparkettprodukte - Vollholzparkett einschl. Parkettblöcke - Mosaikparkett ohne und mit Oberflächenbehandlung - Mehrschichtparkett - Parkett - Laminatböden - Holzwerkstoffe – Furnierte Fußbodenbeläge
Textile Böden TB	<ul style="list-style-type: none"> - natürlich(tierisch: Schurwolle, pflanzlich: Baumwolle oder Jute) - synthetisch (Polyamid, Polypropylen, Polyester, Nylon). - Mischgarne (beispielsweise Polyamid und Schurwolle)
Elastische Böden	<ul style="list-style-type: none"> - Polyolefine - PVC - Kork - Kautschuk - Linoleum - Gummigranulat

Zur Datenerhebung wurden rund 40 Hersteller von Bodenbelägen angeschrieben. Der Rücklauf war mit rund 20% eher gering, wobei davon nur 8 Produkte aufgrund genügend auswertbarer Informationen in die Datenbank aufgenommen wurden. 3 Holzbodenprodukte tragen das Qualitätszeichen von natureplus. Für die weiteren Daten wurden die publizierten Emissionsdaten einer vom deutschen Umweltbundesamt in Auftrag gegebene Studie über die "Untersuchung und Ermittlung emissionsarmer Klebstoffe und Bodenbeläge" (Wilke et al. 2003) ausgewertet.

Es wurden für diese Beispiele nur die Nutzungsphase berücksichtigt.

Tab. 5.23: Übersicht über Beispielprodukte Bodenbeläge

Kürzel	Herstellerangaben	Datenbasis
HB1	Fertigparkett 3-Schicht, geölt	natureplus, Emissionsdaten und Inhaltsstoffdeklaration
HB2	Vollholzboden	Inhaltsstoffdeklaration
HB3	Dielenboden	Inhaltsstoffdeklaration
TB1	Schafwollteppich mit Jute-Gewebe als Träger- und Rückenmaterial	Inhaltsstoffdeklaration und Schadstoffprüfzeugnis
TB2	Teppich mit Chemiefaservlies als Trägermaterial und Textilrücken (Chemiefaser, gewebt)	TVOC, TSVOC und Einzelstoff-Emissionsdaten (Teppich 1, Wilke et al. 2003)*
TB3	Teppich aus Polypropylen/Polyester (70%/30%) mit Polypropylen-Bandgewebe als Trägermaterial und Textilrücken (Chemiefaservlies, vernadelt)	TVOC, TSVOC und Einzelstoff-Emissionsdaten (Teppich 2, Wilke et al. 2003)*
TB4	Teppich aus Polypropylen/Polyester (70%/30%) mit Polypropylen-Bandgewebe als Trägermaterial und Textilrücken (Chemiefaservlies, vernadelt)	TVOC, TSVOC und Einzelstoff-Emissionsdaten (Teppich 2b, Wilke et al. 2003)*
TB5	Teppich aus Polypropylen mit Polypropylen-Bandgewebe (mit Faserliesauflage) als Trägermaterial und Schwerbeschichtung mit textiler Unterseite (Chemiefaservlies) als Rückenmaterial	TVOC, TSVOC und Einzelstoff-Emissionsdaten (Teppich 3, Wilke et al. 2003)*
TB6	Teppich aus Polyamid mit Polypropylen-Bandgewebe plus Faserliesauflage als Trägermaterial und Latex-Planschaum als Rückenausrüstung	TVOC, TSVOC und Einzelstoff-Emissionsdaten (Teppich 4, Wilke et al. 2003)*
TB7	Teppich aus Polyamid mit Chemiefaservlies als Trägermaterial und Textilrücken (Chemiefaser, gewebt)	TVOC, TSVOC und Einzelstoff-Emissionsdaten (Teppich 5, Wilke et al. 2003)*
TB8	Teppich aus Polyamid mit Chemiefaservlies als Trägermaterial und Textilrücken (Chemiefaser/Naturfaser gewebt)	TVOC, TSVOC und Einzelstoff-Emissionsdaten (Teppich 6, Wilke et al. 2003)*
TB9	Teppich aus Polyamid mit Polypropylen-Bandgewebe als Trägermaterial und Textilrücken (Chemiefaser vernadelt)	TVOC, TSVOC und Einzelstoff-Emissionsdaten (Teppich 7, Wilke et al. 2003)*
TB10	Teppich aus Polypropylen mit Polypropylen-Bandgewebe als Trägermaterial und Textilrücken (Chemiefaser-Gewebe)	TVOC, TSVOC und Einzelstoff-Emissionsdaten (Teppich 8, Wilke et al. 2003)*

TB11	Wollteppich mit Polypropylen-bandgewebe als Trägermaterial und einem Textilrücken aus Jute-Gewebe	TVOC, TSVOC und Einzelstoff-Emissionsdaten (Teppich 9, Wilke et al. 2003)*
TB12	Wollteppich mit Jute-Gewebe als Träger- und Rückenmaterial	TVOC, TSVOC und Einzelstoff-Emissionsdaten (Teppich 10, Wilke et al. 2003)*
TB13	Hartfasergewebe (Kokos) mit geprägtem Latexschaum als Rückenmaterial	TVOC, TSVOC und Einzelstoff-Emissionsdaten (Teppich 11, Wilke et al. 2003)*
TB14	Teppich aus Polyamid mit Polypropylen-Bandgewebe als Trägermaterial und Latexplanschaum als Rückenmaterial	TVOC, TSVOC und Einzelstoff-Emissionsdaten (Teppich 12, Wilke et al. 2003)*
TB15	Teppich aus Polyamid mit Polypropylen-Bandgewebe als Trägermaterial und Textilrücken (Chemiefaservlies, vernadelt)	TVOC, TSVOC und Einzelstoff-Emissionsdaten (Teppich 13, Wilke et al. 2003)*
EB1	Linoleum	natureplus, Emissionsdaten und Inhaltsstoffdeklaration
EB2	Linoleum	natureplus, Emissionsdaten und Inhaltsstoffdeklaration
EB3	Linoleum	Nordic Swan Label, Emissionszertifikat TVOC und Inhaltstoffdeklaration
EB4	Kautschuk 2/3 mm	Inhaltsstoffdeklaration, TVOC und SVOC- Emissionsdaten
EB5	PVC Boden 2 mm	TVOC, TSVOC und Einzelstoff-Emissionsdaten (PVC 1, Wilke et al. 2003)*
EB6	PVC Boden 1,5 mm	TVOC, TSVOC und Einzelstoff-Emissionsdaten (PVC 2, Wilke et al. 2003)*
EB7	PVC Boden 1,5 mm	TVOC, TSVOC und Einzelstoff-Emissionsdaten (PVC 3, Wilke et al. 2003)*
EB8	PVC Boden 0,5 mm	TVOC, TSVOC und Einzelstoff-Emissionsdaten (PVC 4, Wilke et al. 2003)*
EB9	PVC Boden 0,5 mm	TVOC, TSVOC und Einzelstoff-Emissionsdaten (PVC 5, Wilke et al. 2003)*
EB10	Linoleum mit Jutefaserrücken d = 2 mm	TVOC, TSVOC und Einzelstoff-Emissionsdaten (Linoleum 1, Wilke et al. 2003)*
EB11	Linoleum mit Jutefaserrücken d = 2 mm	TVOC, TSVOC und Einzelstoff-Emissionsdaten (Linoleum 2, Wilke et al. 2003)*
EB12	Linoleum mit Jutefaserrücken d = 2 mm	TVOC, TSVOC und Einzelstoff-Emissionsdaten (Linoleum 3, Wilke et al. 2003)*
EB13	Polyolefin-Belag d = 1,5 mm	TVOC, TSVOC und Einzelstoff-Emissionsdaten (Polyolefin, Wilke et al. 2003)*
EB14	Kautschukbelag d = 1,5 mm	TVOC, TSVOC und Einzelstoff-Emissionsdaten (Kautschuk, Wilke et al. 2003)*

* Die nichtidentifizierbaren Substanzen wurden in der Studie von Wilke et al.(2003) mit dem Responsefaktor von Cyclodekan quantifiziert. Bei einer Quantifizierung mit dem Responsefaktor von

Toluol würde sich ungefähr eine Verdoppelung der Konzentrationen ergeben. Teilweise wurden identifizierbare Substanzen mit dem Responsefaktor ähnlicher Substanzen quantifiziert (z.B. Heptansäure mit dem Responsefaktor von Hexansäure, Sesquiterpene mit dem Responsefaktor von Longifolen)

5.6.2 Erläuterungen

In der Folge werden die zu den 32 Bodenbelägen verfügbaren Datensätze ("Basisdaten") anhand der 4 Bewertungskriterien "CMR", "Reizende Wirkungen", "Vorsorgekategorie" und "Inhalative Toxizität" bewertet. Nach der Bewertungskategorie "Bedenkliche Stoffe" konnten nur vier Produkte eingestuft werden. Für eine Beurteilung müssen für die Inhaltsstoffe der Fertigprodukte zusätzlich die Sicherheitsdatenblätter eingefordert werden. Eine Beurteilung nach der Bewertungskategorie "Sensibilisierende Wirkungen" und "Geruch" wurde aus den in der Methodenbeschreibung genannten Gründen und aufgrund der fehlenden Daten nicht durchgeführt. Falls bei der Bewertung Unsicherheiten bezüglich der Datenlage bestand, wurde die Bewertung dennoch durchgeführt aber in Klammern gefasst.

5.6.3 Holzboden HB1: Fertigparkett 3-Schicht geölt

CMR

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
natureplus	ENV 13419-1	CMR 1,2 n. 24 h: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ CMR 3 n. 28 d: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	keine	-	keine Inhaltsstoffe CMR Kat. 1, 2, 3 Emissionen CMR Kat. 1, 2 n. 24 h n.n. Emissionen CMR Kat. 3 n. 28 d $< 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	A

Reizende Wirkung

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
natureplus	ENV 13419-1 ENV 717-1	TVOC n. 28 d: $279 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SVOC n. 28 d: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd: 0,02 ppm	-	-	TVOC $\leq 300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und SVOC $\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd $\leq 36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\sim 0,03$ ppm)	A

Vorsorgekategorie

Prüfzeichen	Produktanwendung	"Bedenkliche Stoffe" lt. Prüfliste	Herstellerangaben	Bewertungskriterium	QK
natureplus	großflächig	Nicht zu erwarten	SDBI.	Expert judgement	A

Inhalative Toxizität

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Bewertungskriterium	QK
natureplus	ENV 13419-1	Bicyclische Terpene: $222 \mu\text{g}/\text{m}^3$	NIK-Werte eingehalten und Richtwerte für die Innen- raumluft für D und A eingehalten	B

5.6.4 Holzboden HB2: Vollholzboden

CMR

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	-	-	keine	-	keine Inhaltsstoffe CMR Kat. 1, 2, 3; Ausnahme: der Gehalt an freiem Formaldehyd darf maximal 10 mg/kg betragen.	B

Reizende Wirkung

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	-	-	keine	-	Gehalt an VOC < 0,07%; freies Formaldehyd \leq 10 mg/kg	B

Vorsorgekategorie

Prüfzeichen	Produktanwendung	"Bedenkliche Stoffe" lt. Prüfliste	Herstellerangaben	Bewertungskriterium	QK
-	großflächig	Nicht zu erwarten	Inhaltsstoffdeklaration	Expert judgement	A

Inhalative Toxizität

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Bewertungskriterium	QK
-	-	-	natureplus-Grenzwerte eingehalten *	(A)

* Einstufung basiert auf Expert judgement der Inhaltsstoffe, da keine Emissionsmessungen vorhanden

5.6.5 Holzboden HB3: Dielenboden

CMR

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	-	-	keine	-	keine Inhaltsstoffe CMR Kat. 1, 2, 3; Ausnahme: der Gehalt an freiem Formaldehyd darf maximal 10 mg/kg betragen.	B

Reizende Wirkung

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	-	-	keine	-	Gehalt an VOC < 0,07% freies Formaldehyd \leq 10 mg/kg	B

Vorsorgekategorie

Prüfzeichen	Produktanwendung	"Bedenkliche Stoffe" lt. Prüfliste	Herstellerangaben	Bewertungskriterium	QK
-	großflächig	Nicht zu erwarten	Inhaltsstoffdeklaration	Expert judgement	A

Inhalative Toxizität

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Bewertungskriterium	QK
-	-	-	natureplus-Grenzwerte eingehalten *	(A)

* Einstufung basiert auf Expert judgement der Inhaltsstoffe, da keine Emissionsmessungen vorhanden

5.6.6 Textiler Bodenbelag TB1: Schafwollteppich mit Jute-Gewebe als Trägermaterial und Rückenmaterial

CMR

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [µg/m³]	Inhaltsstoffe mit relevan- ten R-Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	-	-	Formaldehyd	10,4 mg/kg	Gehalt an VOC < 1,5% freies Formaldehyd ≤ 100 mg/kg	C

Reizende Wirkung

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [µg/m³]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
(Ökotest)	ENV 13419-1 VDI - 3484	TVOC < Richtwert Formaldehyd: n.n.*	-	-	300 µg/m³ < TVOC ≤ 600 µg/m³ 100 µg/m³ < SVOC ≤ 150 µg/m³ Formaldehyd ≤ 32 µg/m³ (~0,027 ppm)	(B)*

* Emissionszertifikate stehen noch aus und da SVOC-Angaben fehlen, um eine Stufe abgewertet. Mit Ökotestbewertung (Ökotest 2002) verglichen.

Vorsorgekategorie

Prüfzeichen	Produktanwendung	"Bedenkliche Stoffe" lt. Prüfliste	Herstellerangaben	Bewertungskriterium	QK
natureplus	großflächig	Spuren von Permethrin	Ökotest	Expert judgement	B

Inhalative Toxizität

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [µg/m³]	Bewertungskriterium	QK
(Ökotest)	-	-	NIK-Werte eingehalten und Richtwerte für die Innen- raumluft für D und A eingehalten	(B)*

* Expert judgement aufgrund Inhaltsangaben und Öko-Testresultat (Ökotest 2002)

5.6.7 Textiler Bodenbelag TB2: Teppich mit Chemiefaservlies als Trägermaterial und Textiltrüben (Chemiefaser, gewebt)

CMR

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	CMR 1,2 n. 24 h: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ CMR 3 n. 28 d: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	Emissionen CMR Kat. 1, 2 n. 24 h n.n. ($< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) Emissionen CMR Kat. 3 n. 28 d $< 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	B

Reizende Wirkung

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	TVOC n. 24 h: $197 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SVOC n. 28 d: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd: n. gemessen	-	-	$300 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{TVOC} \leq 600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $100 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{SVOC} \leq 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd $\leq 48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (~0,04 ppm)	B*

* TVOC und SVOC erfüllen A. Da Formaldehyddaten fehlen, um eine Stufe abgewertet. TVOC nach 24 h und SVOC nach 28 d gelten als strengere Kriterien und werden deshalb akzeptiert.

Vorsorgekategorie

Prüfzeichen	Produktanwendung	"Bedenkliche Stoffe" lt. Prüfliste	Herstellerangaben	Bewertungskriterium	QK
-	großflächig	-	-	-	-*

* Keine Angaben die für eine Einstufung genügen.

Inhalative Toxizität

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	-	natureplus-Grenzwerte eingehalten	A

5.6.8 Textiler Bodenbelag TB3: Teppich aus Polypropylen/Polyester (70%/30%) mit Polypropylen-Bandgewebe als Trägermaterial und Textilrücken (Chemiefaservlies, vernadelt)

CMR

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	CMR 1,2 n. 24 h: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ CMR 3 n. 28 d: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	Emissionen CMR Kat. 1, 2 n. 24 h n.n. ($< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) Emissionen CMR Kat. 3 n. 28 d $< 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	B

Reizende Wirkung

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	TVOC n. 3 d: $902 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SVOC n. 3 d: $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd: n. gemessen	-	-	TVOC $> 1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ oder SVOC $> 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd $> 62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\sim 0,05 \text{ ppm}$)	D*

* TVOC und SVOC erfüllen C. Da Formaldehyddaten fehlen, um eine Stufe abgewertet.

Vorsorgekategorie

Prüfzeichen	Produktanwendung	"Bedenkliche Stoffe" lt. Prüfliste	Herstellerangaben	Bewertungskriterium	QK
-	großflächig	-	-	-	-*

* Keine Angaben die für eine Einstufung genügen.

Inhalative Toxizität

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	-	natureplus-Grenzwerte eingehalten	A

5.6.9 Textiler Bodenbelag TB4: Teppich aus Polypropylen/Polyester (70%/30%) mit Polypropylen-Bandgewebe als Trägermaterial und Textilrücken (Chemiefaservlies, vernadelt)

CMR

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	CMR 1,2 n. 24 h: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ CMR 3 n. 29 d: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	Emissionen CMR Kat. 1, 2 n. 24 h n.n. ($< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) Emissionen CMR Kat. 3 n. 28 d $< 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	B

Reizende Wirkung

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	TVOC n. 3 d: $728 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SVOC n. 3 d: $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd: n. gemessen	-	-	TVOC $> 1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ oder SVOC $> 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd $> 62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\sim 0,05$ ppm)	D*

* TVOC und SVOC erfüllen C. Da Formaldehyddaten fehlen, um eine Stufe abgewertet.

Vorsorgekategorie

Prüfzeichen	Produktanwendung	"Bedenkliche Stoffe" lt. Prüfliste	Herstellerangaben	Bewertungskriterium	QK
-	großflächig	-	-	-	-*

* Keine Angaben die für eine Einstufung genügen.

Inhalative Toxizität

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	-	natureplus-Grenzwerte eingehalten	A

5.6.10 Textiler Bodenbelag TB5: Teppich aus Polypropylen mit Polypropylen-Bandgewebe (mit Faservliesauflage) als Trägermaterial und Schwerbeschichtung mit textiler Unterseite (Chemiefaservlies) als Rückenmaterial

CMR

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	CMR 1,2 n. 24 h: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ CMR 3 n. 28 d: $< 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	Emissionen CMR Kat. 1, 2 n. 24 h n.n. ($< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) Emissionen CMR Kat. 3 n. 28 d $< 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	B

Reizende Wirkung

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	TVOC n. 3 d: $558 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SVOC n. 3 d: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd: n. gemessen	-	-	$600 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{TVOC} \leq 1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $150 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{SVOC} \leq 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd $\leq 62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (~0,05 ppm)	C*

* TVOC und SVOC erfüllen B. Da Formaldehyddaten fehlen, um eine Stufe abgewertet.

Vorsorgekategorie

Prüfzeichen	Produktanwendung	"Bedenkliche Stoffe" lt. Prüfliste	Herstellerangaben	Bewertungskriterium	QK
-	großflächig	-	-	-	-*

* Keine Angaben die für eine Einstufung genügen.

Inhalative Toxizität

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	-	NIK-Werte eingehalten und Richtwerte für die Innen- raumluft für D und A eingehalten	B*

* natureplus-Grenzwerte (A) auch eingehalten, da aber noch kein Wert für Caprolactam abgeleitet wurde, wird das Produkt um eine Stufe abgewertet.

5.6.11 Textiler Bodenbelag TB6: Teppich aus Polyamid mit Polypropylen-Bandgewebe plus Faservliesauflage als Trägermaterial und Latex-Planschaum als Rückenaustrüstung

CMR

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	CMR 1,2 n. 24 h: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ CMR 3 n. 28 d: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	Emissionen CMR Kat. 1, 2 n. 24 h n.n. ($< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) Emissionen CMR Kat. 3 n. 28 d $< 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	B

Reizende Wirkung

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	TVOC n. 24 h: $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SVOC n. 28 d: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd: n. gemessen	-	-	$300 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{TVOC} \leq 600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $100 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{SVOC} \leq 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd $\leq 48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\sim 0,04 \text{ ppm}$)	B*

* TVOC und SVOC erfüllen A. Da Formaldehyddaten fehlen, um eine Stufe abgewertet. TVOC nach 24 h und SVOC nach 28 d gelten als strengere Kriterien und werden deshalb akzeptiert.

Vorsorgekategorie

Prüfzeichen	Produktanwendung	"Bedenkliche Stoffe" lt. Prüfliste	Herstellerangaben	Bewertungskriterium	QK
-	großflächig	-	-	-	-*

* Keine Angaben die für eine Einstufung genügen.

Inhalative Toxizität

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	-	natureplus-Grenzwerte eingehalten	A

5.6.12 Textiler Bodenbelag TB7: Teppich aus Polyamid mit Chemiefaservlies als Trägermaterial und Textiltrüchen (Chemiefaser, gewebt)

CMR

Prüfzeichen	Emissionsprüf-methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R-Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	CMR 1,2 n. 24 h: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ CMR 3 n. 28 d: $< 15 \mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	Emissionen CMR Kat. 1, 2 n. 24 h n.n. ($< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) Emissionen CMR Kat. 3 n. 28 d $< 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	B

Reizende Wirkung

Prüfzeichen	Emissionsprüf-methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R-Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	TVOC n. 24 h: $214 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SVOC n. 28 d: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd: n. gemessen	-	-	$300 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{TVOC} \leq 600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $100 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{SVOC} \leq 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd $\leq 48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\sim 0,04 \text{ ppm}$)	B*

* TVOC und SVOC erfüllen A. Da Formaldehyddaten fehlen, um eine Stufe abgewertet. TVOC nach 24 h und SVOC nach 28 d gelten als strengere Kriterien und werden deshalb akzeptiert.

Vorsorgekategorie

Prüfzeichen	Produktanwendung	"Bedenkliche Stoffe" lt. Prüfliste	Herstellerangaben	Bewertungskriterium	QK
-	großflächig	-	-	-	-*

* Keine Angaben die für eine Einstufung genügen.

Inhalative Toxizität

Prüfzeichen	Emissionsprüf-methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	-	natureplus-Grenzwerte eingehalten	A

5.6.13 Textiler Bodenbelag TB8: Teppich aus Polyamid mit Chemiefaservlies als Trägermaterial und Textilrücken (Chemiefaser/Naturfaser gewebt)

CMR

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	CMR 1,2 n. 24 h: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ CMR 3 n. 28 d: $< 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	Emissionen CMR Kat. 1, 2 n. 24 h n.n. ($< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) Emissionen CMR Kat. 3 n. 28 d $< 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	B

Reizende Wirkung

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	TVOC n. 3 d: $568 \mu\text{g}/\text{m}^3$; SVOC n. 3 d: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd: n. gemessen	-	-	$600 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{TVOC} \leq 1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $150 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{SVOC} \leq 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd $\leq 62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\sim 0,05 \text{ ppm}$)	C*

* TVOC und SVOC erfüllen B. Da Formaldehyddaten fehlen, um eine Stufe abgewertet.

Vorsorgekategorie

Prüfzeichen	Produktanwendung	"Bedenkliche Stoffe" lt. Prüfliste	Herstellerangaben	Bewertungskriterium	QK
-	großflächig	-	-	-	-*

* Keine Angaben die für eine Einstufung genügen.

Inhalative Toxizität

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	Caprolactam: $97 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (NIK-Wert: $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$) R-Wert < 1	In Betrachtung aller VOC mit einer Konz. $\geq 0,005 \text{ mg}/\text{m}^3$: $R = \sum C_i/\text{NIK}_i \leq 1$	C

5.6.14 Textiler Bodenbelag TB9: Teppich aus Polyamid mit Polypropylen-Bandgewebe als Trägermaterial und Textiltrüben (Chemiefaser vernadelt)

CMR

Prüfzeichen	Emissionsprüf-methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R-Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	CMR 1,2 n. 24 h: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ CMR 3 n. 29 d: $< 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	Emissionen CMR Kat. 1, 2 n. 24 h n.n. ($< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) Emissionen CMR Kat. 3 n. 28 d $< 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	B

Reizende Wirkung

Prüfzeichen	Emissionsprüf-methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R-Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	TVOC n. 3 d: $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SVOC n. 3 d: $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd: n. gemessen	-	-	$300 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{TVOC} \leq 600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $100 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{SVOC} \leq 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd $\leq 48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\sim 0,04 \text{ ppm}$)	B*

* TVOC und SVOC erfüllen A. Da Formaldehyddaten fehlen, um eine Stufe abgewertet.

Vorsorgekategorie

Prüfzeichen	Produktanwendung	"Bedenkliche Stoffe" lt. Prüfliste	Herstellerangaben	Bewertungskriterium	QK
-	großflächig	-	-	-	-*

* Keine Angaben die für eine Einstufung genügen.

Inhalative Toxizität

Prüfzeichen	Emissionsprüf-methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	-	natureplus-Grenzwerte eingehalten	A

5.6.15 Textiler Bodenbelag TB10: Teppich aus Polypropylen mit Polypropylen-Bandgewebe als Trägermaterial und Textilrücken (Chemiefaser-Gewebe)

CMR

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	CMR 1,2 n. 24 h: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ CMR 3 n. 29 d: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	Emissionen CMR Kat. 1, 2 n. 24 h n.n. ($< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) Emissionen CMR Kat. 3 n. 28 d $< 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	B

Reizende Wirkung

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	TVOC n. 3 d: $416 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SVOC n. 3 d: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd: n. gemessen	-	-	$600 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{TVOC} \leq 1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $150 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{SVOC} \leq 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd $\leq 62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\sim 0,05 \text{ ppm}$)	C*

* TVOC und SVOC erfüllen B. Da Formaldehyddaten fehlen, um eine Stufe abgewertet.

Vorsorgekategorie

Prüfzeichen	Produktanwendung	"Bedenkliche Stoffe" lt. Prüfliste	Herstellerangaben	Bewertungskriterium	QK
-	großflächig	-	-	-	-*

* Keine Angaben die für eine Einstufung genügen.

Inhalative Toxizität

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	CIT/MIT: $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (NIK-Wert: $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) R-Wert < 1	In Betrachtun aller VOC mit einer Konz. $\geq 0,005 \text{ mg}/\text{m}^3$: $R = \sum C_i/\text{NIK}_i \leq 1$	C

5.6.16 Textiler Bodenbelag TB11: Wollteppich mit Polypropylenbandgewebe als Trägermaterial und einem Textiltrücken aus Jute-Gewebe

CMR

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	CMR 1,2 n. 24 h: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ CMR 3 n. 29 d: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	Emissionen CMR Kat. 1, 2 n. 24 h n.n. ($< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) Emissionen CMR Kat. 3 n. 28 d $< 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	B

Reizende Wirkung

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	TVOC n. 3 d: $249 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SVOC n. 3 d: $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd: n. gemessen	-	-	$300 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{TVOC} \leq 600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $100 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{SVOC} \leq 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd $\leq 48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\sim 0,04 \text{ ppm}$)	B*

* TVOC und SVOC erfüllen A. Da Formaldehyddaten fehlen, um eine Stufe abgewertet.

Vorsorgekategorie

Prüfzeichen	Produktanwendung	"Bedenkliche Stoffe" lt. Prüfliste	Herstellerangaben	Bewertungskriterium	QK
-	großflächig	-	-	-	-*

* Keine Angaben die für eine Einstufung genügen.

Inhalative Toxizität

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	-	natureplus-Grenzwerte eingehalten	A

5.6.17 Textiler Bodenbelag TB12: Wollteppich mit Jute-Gewebe als Trägermaterial und Rückenmaterial

CMR

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	Phthalat $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ *	-	-	Emissionen CMR Kat. 1,2 n. 24 h $\geq 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	(D)*

* evtl. Dibutylphthalat welches in R Kat. 2 eingestuft ist.

Reizende Wirkung

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	TVOC n. 3 d: $291 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SVOC n. 3 d: $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd: n. gemessen	-	-	$300 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{TVOC} \leq 600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $100 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{SVOC} \leq 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd $\leq 48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (~0,04 ppm)	B*

* TVOC und SVOC erfüllen A. Da Formaldehyddaten fehlen, um eine Stufe abgewertet.

Vorsorgekategorie

Prüfzeichen	Produktanwendung	"Bedenkliche Stoffe" lt. Prüfliste	Herstellerangaben	Bewertungskriterium	QK
-	großflächig	-	-	-	-*

*Keine Angaben die für eine Einstufung genügen.

Inhalative Toxizität

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	-	natureplus-Grenzwerte eingehalten	A

5.6.18 Textiler Bodenbelag TB13: Hartfasergewebe (Kokos) mit geprägtem Latexschaum als Rückenmaterial

CMR

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	CMR 1,2 n. 24 h: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ CMR 3 n. 29 d: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	Emissionen CMR Kat. 1, 2 n. 24 h n.n. ($< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) Emissionen CMR Kat. 3 n. 28 d $< 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	B

Reizende Wirkung

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	TVOC n. 3 d: $3416 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SVOC n. 3 d: $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd: n. gemessen	-	-	TVOC $> 1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ oder SVOC $> 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd $> 62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\sim 0,05$ ppm)	D

Vorsorgekategorie

Prüfzeichen	Produktanwendung	"Bedenkliche Stoffe" lt. Prüfliste	Herstellerangaben	Bewertungskriterium	QK
-	großflächig	-	-	-	-*

* Keine Angaben die für eine Einstufung genügen.

Inhalative Toxizität

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	Essigsäure: $3300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (NIK-Wert: $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$) R-Wert > 1	In Betrachtung aller VOC mit einer Konz. $\geq 0,005 \text{ mg}/\text{m}^3$: $R = \sum C_i/\text{NIK}_i > 1$	D

5.6.19 Textiler Bodenbelag TB14: Teppich aus Polyamid mit Polypropylen-Bandgewebe als Trägermaterial und Latexplanschaum als Rückenmaterial

CMR

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	CMR 1,2 n. 24 h: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ CMR 3 n. 29 d: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	Emissionen CMR Kat. 1, 2 n. 24 h n.n. ($< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) Emissionen CMR Kat. 3 n. 28 d $< 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	B

Reizende Wirkung

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	TVOC n. 3 d: $142 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SVOC n. 3 d: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd: n. gemessen	-	-	$300 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{TVOC} \leq 600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $100 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{SVOC} \leq 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd $\leq 48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\sim 0,04 \text{ ppm}$)	B*

* TVOC und SVOC erfüllen A. Da Formaldehyddaten fehlen, um eine Stufe abgewertet.

Vorsorgekategorie

Prüfzeichen	Produktanwendung	"Bedenkliche Stoffe" lt. Prüfliste	Herstellerangaben	Bewertungskriterium	QK
-	großflächig	-	-	-	-*

* Keine Angaben die für eine Einstufung genügen.

Inhalative Toxizität

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	-	natureplus-Grenzwerte eingehalten	A

5.6.20 Textiler Bodenbelag TB15: Teppich aus Polyamid mit Polypropylen-Bandgewebe als Trägermaterial und Textiltrüben (Chemiefaservlies, vernadelt)

CMR

Prüfzeichen	Emissionsprüf-methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R-Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	CMR 1,2 n. 24 h: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ CMR 3 n. 29 d: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	Emissionen CMR Kat. 1, 2 n. 24 h n.n. ($< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) Emissionen CMR Kat. 3 n. 28 d $< 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	B

Reizende Wirkung

Prüfzeichen	Emissionsprüf-methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R-Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	TVOC n. 3 d: $866 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SVOC n. 3 d: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd: n. gemessen	-	-	TVOC $> 1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ oder SVOC $> 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd $> 62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\sim 0,05$ ppm)	D*

* TVOC und SVOC erfüllen C. Da Formaldehyddaten fehlen, um eine Stufe abgewertet.

Vorsorgekategorie

Prüfzeichen	Produktanwendung	"Bedenkliche Stoffe" lt. Prüfliste	Herstellerangaben	Bewertungskriterium	QK
-	großflächig	-	-	-	-*

* Keine Angaben die für eine Einstufung genügen.

Inhalative Toxizität

Prüfzeichen	Emissionsprüf-methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	-	natureplus-Grenzwerte eingehalten	A

5.6.21 Elastischer Bodenbelag EB 1: Linoleum

CMR

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
natureplus	ENV 13419	CMR 1,2 n. 24 h: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ CMR 3 n. 28 d: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Keine CMR 1,2,3	-	keine Inhaltsstoffe CMR Kat. 1, 2, 3 Emissionen CMR Kat. 1, 2 n. 24 h n.n. Emissionen CMR Kat. 3 n. 28 d $\leq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	A

Reizende Wirkung

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
natureplus	ENV 13419 ENV 71	TVOC n. 28 d: $89,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SVOC n. 28 d: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd n. 28 d: $< 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	TVOC $\leq 300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und SVOC $\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	A

Vorsorgekategorie

Prüfzeichen	Produktanwendung	"Bedenkliche Stoffe" lt. Prüfliste	Herstellerangaben	Bewertungskriterium	QK
natureplus	großflächig	-	-	-	-*

* Keine Angaben die für eine Einstufung genügen.

Inhalative Toxizität

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Bewertungskriterium	QK
natureplus	ENV 13419	-	natureplus-Grenzwerte eingehalten	A

5.6.22 Elastischer Bodenbelag EB2: Linoleum

CMR

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
natureplus	ENV 13419	CMR 1,2 n. 24 h: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ CMR 3 n. 28 d: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	keine Inhaltsstoffe CMR Kat. 1, 2, 3 Emissionen CMR Kat. 1, 2 n. 24 h n.n. Emissionen CMR Kat. 3 n. 28 d $\leq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	A

Reizende Wirkung

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
natureplus	ENV 13419	TVOC n. 28 d: $173,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SVOC n. 28 d: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd n. 28 d: $< 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	TVOC $\leq 300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und SVOC $\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	A

Vorsorgekategorie

Prüfzeichen	Produktanwendung	"Bedenkliche Stoffe" lt. Prüfliste	Herstellerangaben	Bewertungskriterium	QK
-	großflächig	-	-	-	-*

* Keine Angaben die für eine Einstufung genügen.

Inhalative Toxizität

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	-	natureplus-Grenzwerte eingehalten	A

5.6.23 Elastischer Bodenbelag EB3: Linoleum

CMR

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
Nordic Swan Label	GBR (SP-Method 1598 Appenix 1)*	-	CMR Kat. 1, 2 CMR 3	< 0,1% nicht beschränkt	CMR Kat. 3: > 1%	D

* Methodenüberprüfung fehlt

Reizende Wirkung

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
Nordic Swan Label	GBR (SP-Method 1598 Appenix 1)*	TVOC n. 28 d: $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SVOC und Formaldehyd fehlen.		-	$300 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{TVOC} \leq 600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $100 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{SVOC} \leq 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$	(B*)

* TVOC erfüllt A. Da SVOC-Daten fehlen, wird um 1 Stufe abgewertet. Methodenüberprüfung und VOC-Definition fehlen.

Vorsorgekategorie

Prüfzeichen	Produktanwendung	"Bedenkliche Stoffe" lt. Prüfliste	Herstellerangaben	Bewertungskriterium	QK
-	großflächig	-	-	-	-*

* Keine Angaben die für eine Einstufung genügen.

Inhalative Toxizität

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	-	-	-*

* Keine Angaben die für eine Einstufung genügen.

5.6.24 Elastischer Bodenbelag EB4: Bodenbelag aus Kautschuk

CMR

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	-	-	keine N- Nitrosamine	-	Emissionen CMR Kat. 1,2 n. 24 h $\geq 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	(D*)

* Keine Angaben die für eine bessere Einstufung sorgen könnten.

Reizende Wirkung

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	TVOC n. 28 d: $< 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SVOC n. 28 d: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd: n. gemessen:	-	-	TVOC $\leq 300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und SVOC $\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	(A*)

* Es fehlt ein Emissionsgutachten.

Vorsorgekategorie

Prüfzeichen	Produktanwendung	"Bedenkliche Stoffe" lt. Prüfliste	Herstellerangaben	Bewertungskriterium	QK
-	großflächig	-	-	-	-*

* Keine Angaben die für eine Einstufung genügen.

Inhalative Toxizität

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	-	-	-*

* Keine Angaben die für eine Einstufung genügen.

5.6.25 Elastischer Bodenbelag EB5: PVC Boden 2mm

CMR

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	CMR 1,2 n. 24 h: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ CMR 3 n. 28 d: $< 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	Emissionen CMR Kat. 1, 2 n. 24 h n.n. ($< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) Emissionen CMR Kat. 3 n. 28 d $< 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	B

Reizende Wirkung

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	TVOC n. 28 d: $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SVOC n. 28 d: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd: n. gemessen	-	-	TVOC $\leq 300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und SVOC $\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	A*

Vorsorgekategorie

Prüfzeichen	Produktanwendung	"Bedenkliche Stoffe" lt. Prüfliste	Herstellerangaben	Bewertungskriterium	QK
-	großflächig	-	-	-	-*

* Keine Angaben die für eine Einstufung genügen.

Inhalative Toxizität

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	-	natureplus-Grenzwerte eingehalten	A

5.6.26 Elastischer Bodenbelag EB6: PVC Boden 1,5mm

CMR

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	CMR 1,2 n. 24 h: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ CMR 3 n. 28 d: $< 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	Emissionen CMR Kat. 1, 2 n. 24 h n.n. ($< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) Emissionen CMR Kat. 3 n. 28 d $< 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	B

Reizende Wirkung

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	TVOC n. 28 d: $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SVOC n. 28 d: $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd: n. gemessen	-	-	TVOC $\leq 300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und SVOC $\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	A

Vorsorgekategorie

Prüfzeichen	Produktanwendung	"Bedenkliche Stoffe" lt. Prüfliste	Herstellerangaben	Bewertungskriterium	QK
-	großflächig	-	-	-	-*

* Keine Angaben die für eine Einstufung genügen.

Inhalative Toxizität

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	2-Ethylhexansäure: $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (NIK-Wert: $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) R-Wert < 1	In Betrachtung aller VOC mit einer Konz. $\geq 0,005 \text{ mg}/\text{m}^3$: $R = \sum C_i/\text{NIK}_i \leq 1$	C

5.6.27 Elastischer Bodenbelag EB7: PVC Boden 1,5mm

CMR

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	CMR 1,2 n. 24 h: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ CMR 3 n. 28 d: $< 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	Emissionen CMR Kat. 1, 2 n. 24 h n.n. ($< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) Emissionen CMR Kat. 3 n. 28 d $< 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	B

Reizende Wirkung

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	TVOC n. 28 d: $743 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SVOC n. 28 d: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd: n. gemessen	-	-	$600 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{TVOC} \leq 1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $150 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{SVOC} \leq 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	C

Vorsorgekategorie

Prüfzeichen	Produktanwendung	"Bedenkliche Stoffe" lt. Prüfliste	Herstellerangaben	Bewertungskriterium	QK
-	großflächig	-	-	-	-*

* Keine Angaben die für eine Einstufung genügen.

Inhalative Toxizität

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	NPG-Werte nicht eingehalten: Phenol $> 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Butyl- diglykol $> 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, NIK-Werte und Richtwerte für D und A eingehalten.	NIK-Werte eingehalten und Richtwerte für die Innen- raumlufte für D und A eingehalten	B

5.6.28 Elastischer Bodenbelag EB8: PVC Boden 0,5mm

CMR

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	CMR 1,2 n. 24 h: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ CMR 3 n. 28 d: $< 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	Emissionen CMR Kat. 1, 2 n. 24 h n.n. ($< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) Emissionen CMR Kat. 3 n. 28 d $< 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	B

Reizende Wirkung

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	TVOC n. 28 d: $134 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SVOC n. 28 d: $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd: n. gemessen	-	-	TVOC $\leq 300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und SVOC $\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	A

Vorsorgekategorie

Prüfzeichen	Produktanwendung	"Bedenkliche Stoffe" lt. Prüfliste	Herstellerangaben	Bewertungskriterium	QK
-	großflächig	-	-	-	-*

* Keine Angaben die für eine Einstufung genügen.

Inhalative Toxizität

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	NPG-Werte nicht eingehalten: Phenol $> 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, NIK- Werte und Richtwerte für D und A eingehalten.	NIK-Werte eingehalten und Richtwerte für die Innen- raumlufte für D und A eingehalten	B

5.6.29 Elastischer Bodenbelag EB9: PVC Boden 0,5mm

CMR

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	CMR 1,2 n. 24 h: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ CMR 3 n. 28 d: $< 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	Emissionen CMR Kat. 1, 2 n. 24 h n.n. ($< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) Emissionen CMR Kat. 3 n. 28 d $< 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	B

Reizende Wirkung

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	TVOC n. 28 d: $803 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SVOC n. 28 d: $289 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd: n. gemessen	-	-	$600 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{TVOC} \leq 1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $150 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{SVOC} \leq 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	C

Vorsorgekategorie

Prüfzeichen	Produktanwendung	"Bedenkliche Stoffe" lt. Prüfliste	Herstellerangaben	Bewertungskriterium	QK
-	großflächig	-	-	-	-*

* Keine Angaben die für eine Einstufung genügen.

Inhalative Toxizität

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	NPG-Werte nicht eingehalten: TXIB $539 \mu\text{g}/\text{m}^3$, NIK-Wert und Richtwerte für D und A eingehalten.	NIK-Werte eingehalten und Richtwerte für die Innen- raumluft für D und A eingehalten.	B

5.6.30 Elastischer Bodenbelag EB10: Linoleum mit Jutefaserrücken d = 2mm

CMR

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	CMR 1,2 n. 24 h: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ CMR 3 n. 28 d: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	Emissionen CMR Kat. 1, 2 n. 24 h n.n. ($< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) Emissionen CMR Kat. 3 n. 28 d $< 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	B

Reizende Wirkung

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	TVOC n. 28 d: $105 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SVOC n. 28 d: $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd: n. gemessen	-	-	TVOC $\leq 300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und SVOC $\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	A

Vorsorgekategorie

Prüfzeichen	Produktanwendung	"Bedenkliche Stoffe" lt. Prüfliste	Herstellerangaben	Bewertungskriterium	QK
-	großflächig	-	-	-	-*

* Keine Angaben die für eine Einstufung genügen.

Inhalative Toxizität

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	-	natureplus-Grenzwerte eingehalten	A

5.6.31 Elastischer Bodenbelag EB11: Linoleum mit Jutefaserrücken d = 2mm

CMR

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	Dibutylphthalat R Kat. 2: 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	Emissionen CMR Kat. 1,2 n. 24 h $\geq 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	D

Reizende Wirkung

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	TVOC n. 28 d: 145 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ SVOC n. 28 d: 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd: n. gemessen	-	-	TVOC $\leq 300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und SVOC $\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	A

Vorsorgekategorie

Prüfzeichen	Produktanwendung	"Bedenkliche Stoffe" lt. Prüfliste	Herstellerangaben	Bewertungskriterium	QK
-	großflächig	-	-	-	-*

* Keine Angaben die für eine Einstufung genügen.

Inhalative Toxizität

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	-	natureplus-Grenzwerte eingehalten	A

5.6.32 Elastischer Bodenbelag EB12: Linoleum mit Jutefaserrücken d = 2mm

CMR

Prüfzeichen	Emissionsprüf-methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R-Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	CMR 1,2 n. 24 h: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ CMR 3 n. 28 d: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	Emissionen CMR Kat. 1, 2 n. 24 h n.n. ($< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) Emissionen CMR Kat. 3 n. 28 d $< 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	B

Reizende Wirkung

Prüfzeichen	Emissionsprüf-methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R-Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	TVOC n. 28 d: $92 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SVOC n. 28 d: $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd: n. gemessen	-	-	TVOC $\leq 300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und SVOC $\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	A

Vorsorgekategorie

Prüfzeichen	Produktanwendung	"Bedenkliche Stoffe" lt. Prüfliste	Herstellerangaben	Bewertungskriterium	QK
-	großflächig	-	-	-	-*

* Keine Angaben die für eine Einstufung genügen.

Inhalative Toxizität

Prüfzeichen	Emissionsprüf-methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	-	natureplus-Grenzwerte eingehalten	A

5.6.33 Elastischer Bodenbelag EB13: Polyolefin-Belag d = 1,5 mm

CMR

Prüfzeichen	Emissionsprüf-methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R-Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	CMR 1,2 n. 24 h: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ CMR 3 n. 28 d: $< 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	Emissionen CMR Kat. 1, 2 n. 24 h n.n. ($< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) Emissionen CMR Kat. 3 n. 28 d $< 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	B

Reizende Wirkung

Prüfzeichen	Emissionsprüf-methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R-Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	TVOC n. 28 d: $66 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SVOC n. 28 d: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd: n. gemessen	-	-	TVOC $\leq 300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und SVOC $\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	A

Vorsorgekategorie

Prüfzeichen	Produktanwendung	"Bedenkliche Stoffe" lt. Prüfliste	Herstellerangaben	Bewertungskriterium	QK
-	großflächig	-	-	-	-*

* Keine Angaben die für eine Einstufung genügen.

Inhalative Toxizität

Prüfzeichen	Emissionsprüf-methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	-	natureplus-Grenzwerte eingehalten	A

5.6.34 Elastischer Bodenbelag EB14: Kautschukbelag d = 1,5 mm

CMR

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	CMR 1,2 n. 24 h: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ CMR 3 n. 28 d: $< 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	Emissionen CMR Kat. 1, 2 n. 24 h n.n. ($< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) Emissionen CMR Kat. 3 n. 28 d $< 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	B

Reizende Wirkung

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Inhaltsstoffe mit relevanten R- Sätzen	Konz. (%)	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	TVOC n. 28 d: $66 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SVOC n. 28 d: $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Formaldehyd: n. gemessen	-	-	TVOC $\leq 300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und SVOC $\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	A

Vorsorgekategorie

Prüfzeichen	Produktanwendung	"Bedenkliche Stoffe" lt. Prüfliste	Herstellerangaben	Bewertungskriterium	QK
-	großflächig	-	-	-	-*

* Keine Angaben die für eine Einstufung genügen.

Inhalative Toxizität

Prüfzeichen	Emissionsprüf- methode	Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Bewertungskriterium	QK
-	ENV 13419	NPG-Werte nicht eingehalten: Benzothiazol $69 \mu\text{g}/\text{m}^3$, NIK- Werte und Richtwerte für D und A eingehalten	NIK-Werte eingehalten und Richtwerte für die Innen- raumlufte für D und A eingehalten	B

5.6.35 Vergleichende Gesamtbewertung Bodenbeläge

Tab. 5.24: Vergleichende Gesamtbewertung Bodenbeläge

	Spezifikation	Prüf- zeichen	CMR	Reizende Wirkung	Vorsorge- kategorie	Inhalative Toxizität
HB1	Fertigparkett 3-Schicht, geölt	natureplus	A	A	A	B
HB2	Vollholzboden	-	B	B	A	(A)
HB3	Dielenboden	-	B	B	A	(A)
TB1	Schafwollteppich mit Jute- Gewebe als Träger- und Rückenmaterial	(Ökotest 2002)	C	(B)	B	(B)
TB2	Teppich mit Chemiefaser- vlies als Trägermaterial und Textilrücken (Chemie- faser, gewebt)	-	B	B	-	A
TB3	Teppich aus Polypropy- len/Polyester (70%/30%) mit Polypropylen- Bandgewebe als Träger- material und Textilrücken (Chemiefaservlies, verna- delt)	-	B	D	-	A
TB4	Teppich aus Polypropy- len/Polyester (70%/30%) mit Polypropylen- Bandgewebe als Träger- material und Textilrücken (Chemiefaservlies, verna- delt)	-	B	D	-	A
TB5	Teppich aus Polypropylen mit Polypropylen- Bandgewebe (mit Faser- vliesauflage) als Träger- material und Scherbe- schichtung mit textiler Unterseite (Chemiefaser- vlies) als Rückenmaterial	-	B	C	-	B
TB6	Teppich aus Polyamid mit Polypropylen-Bandgewebe plus Faservliesauflage als Trägermaterial und Latex- Planschaum als Rücken- ausrüstung	-	B	B	-	A
TB7	Teppich aus Polyamid mit Chemiefaservlies als	-	B	B	-	A

	Trägermaterial und Textilrücken (Chemiefaser, gewebt)					
TB8	Teppich aus Polyamid mit Chemiefaservlies als Trägermaterial und Textilrücken (Chemiefaser/Naturfaser gewebt)	-	B	C	-	C
TB9	Teppich aus Polyamid mit Polypropylen-Bandgewebe als Trägermaterial und Textilrücken (Chemiefaser vernadelt)	-	B	B	-	A
TB10	Teppich aus Polypropylen mit Polypropylen-Bandgewebe als Trägermaterial und Textilrücken (Chemiefaser-Gewebe)	-	B	C	-	C
TB11	Wollteppich mit Polypropylenbandgewebe als Trägermaterial und einem Textilrücken aus Jute-Gewebe	-	B	B	-	A
TB12	Wollteppich mit Jute-Gewebe als Träger- und Rückenmaterial	-	(D)	B	-	A
TB13	Hartfasergewebe (Kokos) mit geprägtem Latexschaum als Rückenmaterial	-	B	D	-	D
TB14	Teppich aus Polyamid mit Polypropylen-Bandgewebe als Trägermaterial und Latexplanschaum als Rückenmaterial	-	B	B	-	A
TB15	Teppich aus Polyamid mit Polypropylen-Bandgewebe als Trägermaterial und Textilrücken (Chemiefaservlies, vernadelt)	-	B	D	-	A
EB1	Linoleum	natureplus	A	A	-	A
EB2	Linoleum	natureplus	A	A	-	A
EB3	Linoleum	Nordic Swan Label	(D)	(B)	-	-
EB4	Kautschuk 2/3 mm	-	(D)	(A)	-	-
EB5	PVC Boden 2 mm	-	B	A	-	A
EB6	PVC Boden 1,5 mm	-	B	A	-	C

EB7	PVC Boden 1,5 mm	-	B	C	-	B
EB8	PVC Boden 0,5 mm	-	B	A	-	B
EB9	PVC Boden 0,5 mm	-	B	C	-	B
EB10	Linoleum mit Jutefaserrücken d = 2 mm	-	B	A	-	A
EB11	Linoleum mit Jutefaserrücken d = 2 mm	-	D	A	-	A
EB12	Linoleum mit Jutefaserrücken d = 2 mm	-	B	A	-	A
EB13	Polyolefin-Belag d = 1,5 mm	-	B	A	-	A
EB14	Kautschukbelag d = 1,5 mm	-	B	A	-	B

6 VOM BAUSTOFF ZUM GEBÄUDE

Das im vorangegangenen Kapitel dargestellte Bewertungssystem stellt eine Bewertung auf der Ebene von Bauprodukten dar. Um dieses System für eine Gebäudebewertung bzw. -zertifizierung nutzen zu können, muss ein weiterer Schritt der Aggregation erfolgen.

Diese Aggregation erfolgt über eine flächenbezogene Zugangsweise, sprich eine Bewertung, wie viel Prozent der Flächen, die den Raum auskleiden, mit Materialien der jeweiligen Qualitätsklassen ausgestattet sind. Das heißt, es wird in einem Zwischenschritt berechnet, wie viel Prozent der eingesetzten Materialien in die jeweilige Kategorie eingestuft sind. Dabei erfolgt eine Betrachtung pro Schicht, das heißt, dass Flächen, die übereinanderliegen und aus verschiedenen Bauprodukten bestehen, die einzeln zu bewerten sind, auch jeweils einzeln berücksichtigt werden. Dies bedeutet zum Beispiel, dass ein Kleber, der zum Verlegen eines elastischen Bodenbelages eingesetzt wird mit der gleichen Fläche in die Bewertung eingeht wie der Bodenbelag. Wenn Materialien bereits werksseitig verbunden sind (z.B. Oberflächenbeschichtung von Fertigparkett) aber in einem anderen Fall erst in der Phase der Gebäudeerrichtung gemeinsam verarbeitet werden (d.h. z.B. Oberflächenbeschichtungen eines verlegten Parkettes vor Ort), wird im ersteren Fall das bereits versiegelte Parkett als ein Produkt behandelt, während im zweiten Fall sowohl das unversiegelte Parkett als auch der Lack jeweils mit der gesamten Fläche in die Bewertung eingehen. Die folgende Tabelle zeigt die Möglichkeit der Überführung der Bewertung der 4 Qualitätsklassen in die Skalen des TQ-Tools⁴², da das Bewertungssystem, obwohl natürlich auch anderweitig nutzbar, für das TQ-Tool entwickelt wurde. Die TQ-Skalen erstrecken sich von -2 bis +5, wobei "5" die beste Note und "-2" die schlechteste Note ist und "0" sich am Standard orientiert. Im Rahmen des Projektes war nicht vorgesehen, diese Überführung anhand von Beispielen zu verifizieren. Die Tauglichkeit dieser Vorgangsweise und die Adäquatheit der erzielten Bewertungen wäre daher im Praxistest noch zu überprüfen.

⁴² Zur Erläuterung der TQ-Bewertung siehe Kapitel 1.2.1).

Tab. 6.1: Überführung der Bewertung in die TQ-Skala

Wirkung	TQ-Punkte	Mögliche Skalenzuordnung			
		A	B	C	D
CMR	5	100%	0%	0%	0%
	4	>65 %	0-35%	0%	0%
	3	>25%	25-70%	0%	0%
	2			<35%	0%
	1			<65%	0%
	0				0%
	-1				<50%
	-2				>50%
Reizende Wirkungen	5	100%	0%	0%	0%
	4	>65 %	0-35%	0%	0%
	3	>25%	25-70%	0%	0%
	2			<35%	0%
	1			<65%	0%
	0				0%
	-1				<50%
	-2				>50%
Inhalative Toxizität	5	100%	0%	0%	0%
	4	>65 %	0-35%	0%	0%
	3	>25%	25-70%	0%	0%
	2			<35%	0%
	1			<65%	0%
	0				0%
	-1				<50%
	-2				>50%
Vorsorgekategorie	5	100%	0%	0%	0%
	4	>65 %	0-35%	0%	0%
	3	>25%	25-70%	0%	0%
	2			<35%	0%
	1			<65%	0%
	0				0%
	-1				<50%
	-2				>50%

Die folgende Tabelle ist ein Beispiel für einen fiktiven Raum zur Demonstration der Vorgehensweise, wie der Übergang vom Baustoff- zur Gebäudebewertung erfolgen könnte. Herangezogen wird ein Beispielraum mit 5 x 5 m² Grundfläche und 2,5 m Höhe. Der Raum enthält einen verklebten elastischen Bodenbelag. Die Wände und Decken sind mit einer Wandfarbe ausgemalt.

Tab. 6.2: Überführung der Bewertung in die TQ-Skala

Bewertungsergebnisse

Volumen in m ³	62,5		
in % der Gesamtschichten	20%	20%	60%
Fläche in m ²	25	25	75
	125		
Wirkung	Belag	Kleber	Wandfarbe
CMR	A	C	B
Reizende Wirkungen	B	C	B
Inhalative Toxizität	A	C	B
Vorsorgekategorie	D	A	A

2

Aggregation Baustoffe für Beispiel

In einem Zwischenschritt wird berechnet, wie viel Prozent der insgesamt eingesetzten Materialien in die jeweilige Kategorie eingestuft sind. Die Bezugsgröße ist dabei die Fläche.



Wirkung	A	B	C	D
CMR	20%	60%	0%	20%
Reizende Wirkungen	0%	80%	20%	0%
Inhalative Toxizität	20%	60%	20%	0%
Vorsorgekategorie	80%	0%	0%	20%



Bewertungsskala Gebäude/Wohnung/Raum

Wirkung	TQ-Punkte	Mögliche Skalenzuordnung				Ergebnisse
		A	B	C	D	
CMR	5	100%	0%	0%	0%	+2
	4	>65%	0-35%	0%	0%	
	3	>25%	25-70%	0%	0%	
	2			<35%	0%	
	1			<65%	0%	
	0				<50%	
	-1				>50%	
-2						
Reizende Wirkungen	5	100%	0%	0%	0%	+2
	4	>65%	0-35%	0%	0%	
	3	>25%	25-70%	0%	0%	
	2			<35%	0%	
	1			<65%	0%	
	0				<50%	
	-1				>50%	
-2						
Inhalative Toxizität	5	100%	0%	0%	0%	+2
	4	>65%	0-35%	0%	0%	
	3	>25%	25-70%	0%	0%	
	2			<35%	0%	
	1			<65%	0%	
	0				<50%	
	-1				>50%	
-2						
Vorsorgekategorie	5	100%	0%	0%	0%	-1
	4	>65%	0-35%	0%	0%	
	3	>25%	25-70%	0%	0%	
	2			<35%	0%	
	1			<65%	0%	
	0				<50%	
	-1				>50%	
-2						

1

Die Produkte werden auf Basis des Bewertungsschemas in die Kategorien A-D eingestuft.

3

Es erfolgt dann eine Zuordnung von TQ-Punkten im Bezug zum Anteil in % an den Qualitätsklassen. Die TQ (TotalQuality) Skalen erstrecken sich von -2 bis +5. "5" ist die beste Note, "-2" die schlechteste. "0" orientiert sich am Standard.

7 MESSUNGEN VON INNENRAUMNOXEN

7.1 ALLGEMEINES, DEFINITIONEN

Vor Durchführung von Messungen von Innenraumnoxen (oft auch als "Schadstoffmessungen" bezeichnet) muss das Ziel der Messung genau definiert werden, um zu einem für den Betroffenen zufriedenstellenden Ergebnis zu gelangen und die Aufgabenstellung befriedigend zu lösen. Ohne auf die möglichen Überschneidungen der einzelnen Kategorien einzugehen und ohne Anspruch auf Vollständigkeit sind folgende vorrangige Messziele in Hinblick auf humantoxische Wirkungen gegeben:

- Interventionsmessungen,
- Orientierungsmessungen,
- Abnahmemessungen.

Die unterschiedlichen Zielsetzungen dieser drei Kategorien werden weiter unten näher erklärt.

Es hat sich in der Praxis gezeigt, dass sowohl bei Interventionsmessungen als auch zur Qualitätssicherung neu adaptierter oder neu errichteter Gebäude in Hinblick auf humantoxische Wirkungen abhängig von der Belüftungsart unterschiedliche Messstrategien angewendet werden müssen. Es erscheint daher bei allen Messzielen sinnvoll, vor der Messplanung auch zwischen folgenden Gegebenheiten zu differenzieren:

- Gebäude mit natürlicher Belüftung,
- Gebäude mit Entlüftungsanlagen,
- Gebäude mit kontrollierten (Wohn)Raumbelüftungsanlagen,
- Gebäude mit Klimaanlage.

Die folgenden Kapitel bieten eine Übersicht über die Vorgangsweise bei Interventionen, vor Sanierungen und bei Orientierungsmessungen sowie die dabei einzusetzenden analytischen Methoden.

7.2 ÜBERSICHT ÜBER MÖGLICHE PARAMETER BEI UNTERSUCHUNGEN

7.2.1 Mögliche Parameter bei Luftuntersuchungen auf Aldehyde und Ketone

Tab. 7.1: Übersicht über mögliche Parameter bei Luftuntersuchungen auf Aldehyde und Ketone

Substanz	Substanz
Formaldehyd (Methanal)	Diethylketon (3-Pentanon)
Acetaldehyd (Ethanal)	Methyl-Phenylketon (Acetophenon)
Acrolein (Propenal)	Cyclohexanon
Aceton (Propanon)	4-Methylcyclohexanon
Propanal	Isobutyl-Methylketon (4-Methyl-2-Pentanon)
Furfural (Furan-2-carboxaldehyd)	Hexanal
Methyl-Vinyl-Keton (3-Buten-on)	Heptanal
Butanal	Octanal
Ethyl-Methyl-Keton (2-Butanon)	Nonanal
Methacrolein (2-Methyl-2-Propenal)	Decanal
Crotonaldehyd (2-Butenal)	3,4-Dimethylbenzaldehyd
Benzaldehyd (Phenylmethanal)	5-Methylfurfural (5-Methyl-furaldehyd)
Pentanal	Glyoxal (Ethandial)
3-Methyl-2-Butanon	Methylglyoxal
2-Methylbutanal	Glutaraldehyd (Pentandial)
2-Pentanon	Diethylketon (3-Pentanon)

7.2.2 Mögliche Parameter bei Luftuntersuchungen auf VOC

Die unten stehende Liste flüchtiger organischer Verbindungen (VOC) benennt die Substanzen, die zur Ermittlung des Summenparameters TVOC unter Zuhilfenahme einer bestimmten Methode (Thermodesorption) mindestens gemessen werden müssen (Seifert 1999) und entspricht auch den Vorgaben der ECA (1997). Es ist anzumerken, dass unter Verwendung der Methode nach ÖNORM M 5700-2 unter Verwendung spezieller Adsorbentien nur geringfügig abweichende Ergebnisse erzielt werden, einzelne sehr selten vorkommende Substanzen wie Hexansäure werden nicht erfasst.

Tab. 7.2: Verbindungen, die zur Bestimmung von TVOC mindestens einzeln zu quantifizieren sind (nach ECA 1997, Seifert 1999)

Aromatische Kohlenwasserstoffe	Alkohole, Ketone, Ester
Benzol	2-Propanol
Toluol	1-Butanol
Ethylbenzol	2-Ethyl-Hexanol
m/p-Xylol	2-Methoxyethanol
o-Xylol	2-Ethoxyethanol
n-Propylbenzol	2-Butoxyethanol
1,2,4-Trimethylbenzol	1-Metoxy-2-propanol
1,3,5-Trimethylbenzol	2-Butoxyethoxyethanol
2-Ethyltoluol	Methylethylketon (MEK)
Styrol	Methylisobutylketon (MIBK)
Naphthalin	Cyclohexanon
4-Phenylcyclohexen	Acetophenon
Aliphatische und Cycloaliphatische Kohlenwasserstoffe	TXIB (2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandiol-diisobutytrat)
n-Hexan	Butylacetat
n-Heptan	Isopropylacetat
n-Oktan	2-Ethoxyethylacetat
n-Nonan	Ethylacetat
n-Decan	Terpenkohlenwasserstoffe
n-Undecan	Δ^3 -Caren
n-Dodekan	α -Pinen
n-Tridekan	β -Pinen
n-Tetradekan	Limonen
n-Pentadekan	Aldehyde
n-Hexadekan	Butanal
2-Methylpentan	Pentanal
3-Methylpentan	Hexanal
1-Octen	Nonanal
1-Decen	Benzaldehyd
Methylcyclopentan	Säuren
Cyclohexan	Hexansäure
Methylcyclohexan	Andere
Chlorierte Kohlenwasserstoffe	2-Pentylfuran
Trichlorethen	Tetrahydrofuran
Tetrachlorethen	
1,1,1-Trichlorethan	
1,4-Dichlorbenzol	

7.3 VORGANGSWEISE BEI UNTERSUCHUNGEN

7.3.1 Allgemeine Vorgangsweise

Messzeitpunkt und Art der Vorbereitung der Räume haben einen bestimmenden Einfluss auf die resultierenden Ergebnisse, diese und weitere Randbedingungen müssen daher genau definiert werden, um Vergleiche anstellen und Ergebnisse mit vorgegebenen Richtwerten vergleichen zu können. Prinzipiell ist der Vorgangsweise zu folgen, die detailliert in der Richtlinie zur Bewertung von Schadstoffen in Innenräumen (BMLFUW 2004b) vorgegeben ist, in begründeten Fällen kann jedoch auch davon abgewichen werden.

Folgende Randparameter sollten, wenn in den Kapiteln nicht anders angegeben bzw. wenn es die Messaufgabe nicht anders erfordert, bei Raumlufuntersuchungen eingehalten werden:

Tab. 7.3: Übliche Randbedingungen für Raumlufuntersuchungen

Parameter	Zielwert *	Toleranzbereich	Anmerkungen
Temperatur	23°C	18-25°C	
Relative Luftfeuchte	45%	25-65	Bei Formaldehyd 30-65%
Fenster und Türen geschlossen	5 Stunden	> 4 Stunden	Im Zeitraum vor Probenahme
Windgeschwindigkeit außen	-	0-2 m/sec	
Außentemperatur	typisch	> -5°C	
Druckdifferenz innen – außen	5 Pa	0-10 Pa	
Belegung mit Menschen	typisch	Bis Maximalwert laut Auslegung	Bei Untersuchung anthropogener Schadstoffe wie CO ₂
Künstlicher Unterdruck gegenüber Außenluft (Blower Door)	10 Pa	8-12 Pa	Im Zielbereich – nur bei Messungen von Luftströmungen in Gebäuden

* Gilt für Innenbereich, wenn nicht anders angegeben

Zusätzlich können noch weitere Vorgaben sinnvoll sein. Weiters ist mindestens 24 h vor den Untersuchungen in den zu untersuchenden sowie in den unmittelbar benachbarten Räumen jegliche nicht mit den entsprechenden zu prüfenden Quellen in Zusammenhang stehende Schadstoffentwicklung zu vermeiden.

Die Anzahl der zu prüfenden Räume ergibt sich aus der Aufgabenstellung und kann nicht pauschal festgelegt werden (spezielle Situation bei Abnahmemessungen siehe dort).

7.4 INTERVENTIONSMESSUNGEN

Interventionsmessungen dienen zur Ermittlung des Status-Quo eines Gebäudes in Hinblick auf humantoxische Wirkungen (oder auch anderer Endpunkte wie Energieeffizienz, Behaglichkeit etc.). Interventionsmessungen werden dann durchgeführt, wenn gesundheitliche Probleme auftauchen oder befürchtet werden.

Im Folgenden wird eine Übersicht über mögliche Interventionsmessungen dargestellt. Der tatsächliche Umfang und die Art von Interventionsmessungen richtet sich immer nach dem Anlassfall und vor allem nach den auftretenden Symptomen und kann pauschal nicht sinnvoll angegeben werden. In jedem Fall sind die Vorgaben der Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft zu Messstrategie, Probenahme und Analytik zu beachten (BMLFUW 2004b).

Tab. 7.4: Übersicht über mögliche Interventionsmessungen

Schadstoff(gruppe)	Messstrategie	Messmethode/ Bewertung, Bemerkungen
Stark flüchtige organische Verbindungen (VVOC)	Luftmessung	ÖNORM M 5700-3
Flüchtige organische Verbindungen (VOC)	Luftmessung	VDI 4300 Bl. 6, ÖNORM M 5700 Teil 1-3
Formaldehyd	Luftmessung bei Vorliegen von potentiellen Quellen	VDI 4300 Bl. 3
Biozide	Hausstaub-Screening und/oder Luftmessung, bei Vorliegen von großflächigen, beschichteten Holzverkleidungen zusätzlich Materialuntersuchungen, bei Auffälligkeiten Quellensuche	Hausstaub: VDI 4300 Bl. 8 Luft: PCP/Lindan: VDI 4300 Bl. 4, VDI 4301 Bl. 2E
PAK	Hausstaub-Screening, bei Vorliegen von bituminösen Materialien Materialuntersuchungen, bei Auffälligkeiten Quellensuche, evtl. Luftmessung,	Hausstaub: VDI 4300 Bl. 8 Luft: VDI 4300 Bl. 2
PCB	Hausstaub-Screening, eventuell Luftmessung (Gebäude aus der Zeit von 1955 bis 1975), bei Auffälligkeiten Quellensuche	Hausstaub: VDI 4300 Bl. 8 Luft: VDI 4300 Bl. 2
PCDD/PCDF	Hausstaub-Screening oder Luftmessung bei begründetem Verdacht	Hausstaub: VDI 4300 Bl. 8 Luft: VDI 4300 Bl. 2
Flammschutzmittel und Weichmacher	Hausstaub-Screening, bei Auffälligkeiten zum Teil Luftmessung, Quellensuche	Hausstaub: VDI 4300 Bl. 8
Geruchsstoffe	Organoleptische Prüfung, bei Verdacht z.T. apparative Messung abhängig von Substanz, Vergleich der Messwerte der Luftmessung mit Geruchsschwellenwerten	
Faserstoffe	Bewertung mittels Fragebogen, gegebenenfalls Quellensuche, Luftmessung	Luft: ÖNORM M 9405
Partikel	Luftmessung bei Lüftungstechnischen Anlagen	
Radon	Luftmessung	ÖNORM S 5280-1
Kohlendioxid	Messung bei dicht belegten Räumen	VDI 4300 Bl. 9
Schimmelpilze, Mykotoxine, MVOC, β -1,3-Glucan	Luftmessung (Sporen) und weitere Untersuchungen	Schimmelpilzleitfaden (UBA 2002)
Allergene	Hausstaub-Screening	VDI 4300 Bl. 8
Bakterien, Endotoxine	Bakterien keine Messung, Hausstaub-Screening bei Endotoxinen	VDI 4300 Bl. 8

7.5 ORIENTIERUNGSMESSUNGEN

Orientierungsmessungen dienen zur Ermittlung des Status-Quo eines Gebäudes in Hinblick auf humantoxische Wirkungen (oder auch anderer Endpunkte wie Energieeffizienz, Behaglichkeit etc.). Orientierungsmessungen werden vor allem vor Sanierungsmaßnahmen durchgeführt, um den Umfang von zu planenden Sanierungen abzuschätzen zu können.

Ein anschauliches Beispiel für diese Ausrichtung von Orientierungsmessungen ist die Messung auf Polychlorierte Biphenyle (PCB), die vor allem in Gebäuden eines bestimmten Errichtungszeitraumes empfehlenswert sind. Zeigen sich bei einer Orientierungsmessung erhöhte Werte, wird eine Quellensuche angeschlossen. Die Planung für eine durchzuführende Sanierung weist dann in der Regel in eine völlig andere Richtung und hat einen anderen Umfang als bei nicht PCB-belasteten Gebäuden.

Orientierungsmessungen können jedoch auch dazu dienen, vor dem Kauf eines Gebäudes die humantoxikologische Unbedenklichkeit eines Gebäudes für den Käufer zu belegen. Praktisches Beispiel ist die Messung von Formaldehyd in älteren Fertigteilhäusern, in denen ein erhöhtes Risiko toxisch relevanter Formaldehydkonzentrationen besteht.

Orientierungsmessungen werden von NutzerInnen auch dann durchgeführt, um sich eine allgemeine Übersicht über die Schadstoffsituation zu verschaffen, ohne dass Beschwerden oder spezielle Befürchtungen auftreten.

Eine Orientierungsmessung vor Sanierungen kann bei Endotoxinen dazu beitragen, den Sanierungsumfang zu bestimmen. Bei umfassenderen Sanierungen (vollständige Entfernung der Innenausstattung) ist eine Orientierungsmessung nicht notwendig, da potentielle Quellen entfernt werden.

Im folgenden wird eine Übersicht über mögliche Orientierungsmessungen vor einer Gebäudesanierung dargestellt. Der tatsächliche Umfang von Orientierungsmessungen richtet sich immer nach dem Anlassfall und kann pauschal nicht sinnvoll angegeben werden. In jedem Fall sind die Vorgaben der Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft zu Messstrategie, Probenahme und Analytik zu beachten (BMLFUW 2004b).

Tab. 7.5: Übersicht über mögliche Orientierungsmessungen vor einer Gebäudesanierung

Schadstoff(gruppe)	Messstrategie *	Messmethode/ Bewertung, Bemerkungen
Stark flüchtige organische Verbindungen (VVOC)	Luftmessung bei begründetem Verdacht	ÖNORM M 5700-3
Flüchtige organische Verbindungen (VOC)	Luftmessung	VDI 4300 Bl. 6, ÖNORM M 5700 Teil 1-3
Formaldehyd	Luftmessung bei Vorliegen von potentiellen Quellen	VDI 4300 Bl. 3
Biozide	Hausstaub-Screening, bei Vorliegen von großflächigen Holzverkleidungen, zusätzlich Materialuntersuchungen, bei Auffälligkeiten Quellensuche	Hausstaub: VDI 4300 Bl. 8
PAK	Hausstaub-Screening, bei Vorliegen von bituminösen Materialien, Materialuntersuchungen, bei Auffälligkeiten Quellensuche	Hausstaub: VDI 4300 Bl. 8
PCB	Hausstaub-Screening, Luftmessung bei bestimmten Gebäuden zwischen Baujahr 1955-1975, bei Auffälligkeiten Quellensuche	Hausstaub: VDI 4300 Bl. 8 Luft: VDI 4300 Bl. 2
PCDD/PCDF	Hausstaub-Screening oder Luftmessung bei begründetem Verdacht	Hausstaub: VDI 4300 Bl. 8 Luft: VDI 4300 Bl. 2
Flammschutzmittel und Weichmacher	Hausstaub-Screening, bei Auffälligkeiten zum Teil Luftmessung und Quellensuche	Hausstaub: VDI 4300 Bl. 8
Geruchsstoffe	Organoleptische Prüfung, bei Verdacht z.T. apparative Messung abhängig von Substanz, Vergleich der Messwerte der Luftmessung mit Geruchsschwellenwerten	
Faserstoffe	Bewertung mittels Fragebogen, gegebenenfalls Luftmessung oder/und Quellensuche	Luft: ÖNORM M 9405
Partikel	Luftmessung bei Lüftungstechnischen Anlagen	
Radon	Luftmessung in Radonrisikogebieten der Klasse 2 und 3 lt. ÖNORM S 5280-2	ÖNORM S 5280-1
Kohlendioxid	Messung bei dicht belegten Räumen	VDI 4300 Bl. 9
Schimmelpilze, Mykotoxine, MVOC, β -1,3-Glucan	Luftmessung (Sporen) und weitere Untersuchungen bei begründetem Verdacht	Schimmelpilzleitfaden (UBA 2002)
Allergene	Keine Messung	
Bakterien, Endotoxine	Messung eventuell vor Sanierungen	

* Wenn nicht anders angegeben, bezieht sich die Angabe auf eine Orientierungsmessung vor Planung des Sanierungsumfanges

7.6 ABNAHMEMESSUNGEN

7.6.1 Allgemeines

Abnahmemessungen dienen zur Ermittlung der Qualität von Innenräumen eines Gebäudes in Hinblick auf humantoxische Wirkungen (oder auch anderer Endpunkte wie Energieeffizienz, Behaglichkeit etc.). Abnahmemessungen sind vor allem nach Bau- und Sanierungsmaßnahmen sinnvoll, um die nicht im voraus planbaren Effekte des Baugeschehens erfassen zu können. In ausgeführten Beispielen dienten Abnahmemessungen unter anderem zur Überprüfung von in der Planung und im Bauverlauf durchgeführten Maßnahmen zur Schadstoffreduktion (Belazzi 2004). Erfahrungen zeigen, dass durch Abnahmemessungen in Verbindung mit Planungs- und Ausführungsmaßnahmen eine deutliche Qualitätssteigerung in Hinblick auf Schadstoffvermeidung und in der Folge mögliche humantoxische Wirkungen zu erreichen sind.

Abnahmemessungen können entweder unmittelbar nach Fertigstellung des Gebäudes oder der Sanierungsmaßnahmen vor Bezug der NutzerInnen oder aber nach Fertigstellung der Inneneinrichtung und Ausstattung durchgeführt werden. In speziellen Fällen ist eine Messung erst einige Zeit nach Fertigstellung sinnvoll (z.B. Messung auf Schimmelpilze bei Lüftungstechnischen Anlagen).

Einen Sonderfall einer Abnahmemessung in Gebäuden mit zahlreichen gleichen Einheiten stellt eine sogenannte Musterraumuntersuchung dar. Hier erfolgen die Untersuchungen in einem vor allen anderen Räumen fertiggestellten Musterraum, der mit den geplanten Materialien ausgestattet wurde. Durch die Musterraumuntersuchung erhält der Bauherr die Möglichkeit, vor der endgültigen Ausstattung der Räume Materialien oder Konstruktionen zu ändern. Musterraumuntersuchungen werden derzeit bei allen niederösterreichischen Landespensionistenheimen durchgeführt (Tappler 2004b). Die Durchführung einer Musterraumuntersuchung kann jedoch eine Abnahmemessung nach Fertigstellung nicht ersetzen.

Im Folgenden wird eine Übersicht über mögliche Abnahmemessungen nach Neubau oder Sanierung eines Gebäudes dargestellt. Der tatsächliche Umfang von Untersuchungen richtet sich immer nach dem Anlassfall und kann pauschal nicht sinnvoll angegeben werden. In jedem Fall sind die Vorgaben der Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft zu Messstrategie, Probenahme und Analytik zu beachten (BMLFUW 2004b).

7.6.2 Übersicht über Messstrategie und Methodik

Tab. 7.6: Übersicht über die Messstrategie und Methodik bei Abnahmemessungen für Neubauten und Gebäudesanierungen

Schadstoff(gruppe)	Messstrategie *	Methode, Bemerkungen
Stark flüchtige organische Verbindungen (VVOC)	Luftmessung bei begründetem Verdacht	ÖNORM M 5700-3
Flüchtige organische Verbindungen (VOC)	Luftmessung	VDI 4300 Bl. 6, ÖNORM M 5700 Teil 1-3
Formaldehyd	Luftmessung	VDI 4300 Bl. 3
Biozide	Hausstaub-Screening nach Baufertigstellung, nur bei Auffälligkeiten, z.T. Luftmessung, Wiederholung des Hausstaub-Screenings 3-6 Monate nach Bezug	Hausstaub: VDI 4300 Bl. 8 Luft: PCP/Lindan: VDI 4300 Bl. 4, VDI 4301 Bl. 2E
PAK	Hausstaub-Screening nach Baufertigstellung, nur bei Auffälligkeiten Luftmessung	Hausstaub: VDI 4300 Bl. 8 Luft: VDI 4300 Bl. 2
PCB	Hausstaub-Screening nach Baufertigstellung, nur bei Auffälligkeiten Luftmessung	Hausstaub: VDI 4300 Bl. 8 Luft: VDI 4300 Bl. 2
PCDD/PCDF	Luftmessung bei begründetem Verdacht	VDI 4300 Bl. 2
Flammschutzmittel und Weichmacher	Hausstaub-Screening etwa 3-6 Monate nach Bezug	Hausstaub: VDI 4300 Bl. 8
Geruchsstoffe	Sensorische Prüfung, bei Verdacht z.T. apparative Messung abhängig von Substanz, Vergleich der Messwerte der Luftmessung mit Geruchsschwellenwerten	Geruchsausbildung: DIN 10950-2
Faserstoffe	Luftmessung bei begründetem Verdacht	ÖNORM M 9405
Partikel	Luftmessung bei Lüftungstechnischen Anlagen nach Fertigstellung und etwa 1 Jahr nach Bezug	
Radon	Luftmessung in Radonrisikogebieten der Klasse 2 und 3 lt. ÖNORM S 5280-2	ÖNORM S 5280-1
Kohlendioxid als Lüftungsparameter	Berechnung der Konzentration über Luftwechsel bei dicht belegten Räumen	CO ₂ -Berechnungsprogramme (z.B. Amt der OÖ Landesregierung 2003)
Schimmelpilze, Mykotoxine, MVOC, β -1,3-Glucan	Luftmessung (Sporen) und weitere Untersuchungen bei begründetem Verdacht	Schimmelpilzleitfaden (UBA 2002)
Allergene	Keine Messung	
Bakterien, Endotoxine	Keine Messung	

* Wenn nicht anders angegeben, bezieht sich die Angabe auf eine Abnahmemessung etwa eine Woche nach Baufertigstellung und Reinigung des Gebäudes ohne Einrichtung

7.6.3 Vorgangsweise und Richtwerte für Abnahmemessungen

7.6.3.1 Allgemeine Vorgangsweise

Die Anzahl der zu prüfenden Räume kann niemals pauschal festgelegt werden, eine Orientierung liefert die ÖNORM M 9405 für Asbestmessungen, bei der die Anzahl der zu untersuchenden Räume festgelegt wird. Bei Gebäuden mit ähnlicher Raumausstattung wird eine repräsentative Anzahl von Räumen ausgewählt und untersucht. Die Anzahl von einem Raum pro Stockwerk sollte jedoch in keinem Fall unterschritten werden. In jedem Fall sind die Vorgaben der Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft zur Messstrategie zu beachten (BMLFUW 2004b).

7.6.3.2 Formaldehyd

Bei der Bewertung von Schadstoffmessungen ist zu beachten, dass die Abgabe von Formaldehyd aus Holzwerkstoffen stark von Temperatur und relativer Luftfeuchte abhängig ist. Es sollten daher bei Anwesenheit von Holzwerkstoffen als mögliche Haupt-Emittenten die nach Andersen-Formel (BGA 1993) korrigierten Werte mit zur Bewertung herangezogen werden.

Tab. 7.7: Richtwerte für Abnahmemessungen Formaldehyd

Formaldehyd	Raumluftkonzentration		Bemerkungen
	in ppm	in mg/m ³	
Qualitätsstufe 1	< 0,04	< 0,05	Entspricht WIK (BMUJF 1997)
Qualitätsstufe 2	0,04-0,083	0,05-0,10	Entspricht 30' Richtwert (WHO 2000a)
Qualitätsstufe 3	> 0,083	> 0,10	

7.6.3.3 Organische Verbindungen

Organische Verbindungen können einerseits über Einzelsubstanzen (siehe Zusatzkriterium in unten stehender Tabelle) als auch über Summenparameter erfasst werden. Ist eine Substanz nicht eindeutig in eine Substanzklasse einzuordnen, ist sie unter der Klasse "Andere" einzuordnen und zu bewerten.

Die Messmethodik hat einen maßgeblichen Einfluss auf die Konzentrationen vor allem sauerstoffhaltiger flüchtiger Verbindungen, es ist daher eine Messmethode zu wählen, die die interessierenden Verbindungen quantitativ erfasst. In Hinblick auf Messstrategie, Probenahme, und Analytik ist auf die Vorgaben der Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft (BMLFUW 2004b) zurückzugreifen.

Tab. 7.8: Richtwerte für Abnahmemessungen – VOC und SVOC

Substanzklasse	Qualitätsstufe 1 [µg/m³]	Qualitätsstufe 2 [µg/m³]	Qualitätsstufe 3 [µg/m³]
Summe Alkane	< 50	50-200	> 200
Summe Aromaten	< 50	50-200	> 200
Summe Terpene und Sesquiterpene	< 40	40-150	> 150
Summe Chlorierte Kohlenwasserstoffe	< 5	5-20	> 20
Summe Aldehyde ohne Formaldehyd	< 50	50-120	> 120
Summe Ketone	< 20	20-50	> 50
Summe Glykolester und -ether	< 20	20-100	> 100
Summe Ester einwertiger Alkohole	< 20	20-50	> 50
Summe Alkene	< 5	5-10	> 10
Summe Alkohole	< 20	20-50	> 50
Andere	< 20	20-50	> 50
Summe VOC+SVOC	< 300	300-1000	> 1000
Zusatzkriterium	Konzentration der Einzelsubstanzen unterschreiten Richtwerte der "Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft" sowie die vom AK-Innenraumluft entwickelten Richtwertevorschläge (BMLFUW 2004b, AK-Innenraumluft 2004a)		

Die oberen Grenzen der Qualitätsstufe 1 und 2 entsprechen in Hinblick auf Klassen von VOC und SVOC weit gehend den Ziel- und Richtwerten von Schleibinger et al. (2002).

Qualitätsstufe 1 entspricht in Hinblick auf die Summe-VOC sinngemäß der Einstufung "Niedrig" der Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft (AK-Innenraumluft 2004a) und dem hygienischen Vorsorgebereich der deutschen Ad-hoc Arbeitsgruppe (Seifert 1999), die obere Grenze der Qualitätsstufe 1 entspricht dem Zielwert von Schleibinger et al. (2002). Qualitätsstufe 2 entspricht sinngemäß der Einstufung "Durchschnittlich" und "leicht erhöht" der Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft; die obere Grenze der Qualitätsstufe 2 entspricht dem Richtwert von Schleibinger et al. (2002).

7.6.3.4 Weichmacher und Flammschutzmittel

Abnahmemessungen für mittelflüchtige Substanzen wie Weichmacher und Flammschutzmittel sind deshalb problematisch, da eine Einschätzung der Exposition dieser Substanzen vor allem über die Konzentration im Hausstaub erfolgt. Die Bewertung von Substanzen im Hausstaub hat jedoch zur Voraussetzung, dass sich über einen längeren Zeitraum ein Gleichgewichtszustand zwischen den Emittenten, der Luft und dem Hausstaub eingestellt hat. Diese Situation ist jedoch kurz nach Baufertigstellung in der Regel nicht gegeben.

Zusätzlich zeigt die Praxis, dass kurz nach Baufertigstellung das Risiko größer ist, dass zufällig in den Hausstaub gelangte Materialreste und -abschnitte das Messergebnis stark nach oben verzerren. Eine weitere Schwierigkeit für eine sinnvolle Bewertung entsteht da-

durch, dass Flammenschutzmittel und Weichmacher häufig erst über Einrichtungsgegenstände und technische Geräte in den Raum eingebracht werden.

Eine Abnahmemessung wird daher für den Zeitpunkt etwa nach einem halben Jahr nach Fertigstellung und Bezug des Gebäudes empfohlen.

7.6.3.5 Bakterien und Endotoxine

Abnahmemessungen sind bei Bakterien und Endotoxinen nicht erforderlich.

7.7 ABNAHMEMESSUNGEN FÜR DAS TQ-TOOL

Für die in unten stehender Tabelle angeführten Schadstoffe sollten im TQ-Tool verpflichtende Abnahmemessungen vorgeschrieben werden. Radon soll nur dann verpflichtend gemessen werden, falls das Gebäude in einem Radonrisikogebiet entsprechend der Klasse 2 und 3 laut ÖNORM S 5280-2 errichtet wird. Für Geruchsstoffe soll auch eine verpflichtende Abnahmemessung erfolgen. Die Richtwerte und in weiterer Folge die Bewertung sind abhängig von der Richtlinie, die sich gerade in Ausarbeitung befindet, sie müssen daher später aktualisiert werden.

Da es für die einzelnen Schadstoffe oftmals unterschiedliche Richtwerte gibt, wurde ein Bewertungsvorschlag erarbeitet, bei dem das Ergebnis 0 Punkte eine Einschätzung des derzeit gängigen Standards widerspiegelt. Falls mehrere Qualitätsstufen oder unterteilte Richtwerten vorliegen, wurde jeweils die höchste Stufe mit +5 Punkten bewertet, und die Überschreitung der niedrigsten Stufe mit -2 Punkten. Falls keine Abnahmemessungen vorliegen, wurden ebenfalls -2 Punkte vergeben.

Zusätzlich zu den aufgelisteten Schadstoffgruppen können nach Sanierungen weitere Abnahmemessungen erforderlich sein, insbesondere dann wenn sich im Vorfeld Verdachtsmomente auf die Anwesenheit bestimmter problematischer Noxen ergeben haben.

Auch bei Neubauten können weitere Abnahmemessungen erforderlich sein, falls der Verdacht auf die Verwendung von problematischen Noxen vorliegt, z. B. bei der Verwendung biozidhaltiger Oberflächenbeschichtungen in Innenräumen.

Diese zusätzlichen Abnahmemessungen können im TQ-Tool nicht schematisch bewertet werden. Sie können jedoch als zusätzliche Information in den Gebäudepass aufgenommen werden.

Tab. 7.9: Empfehlung für die Abnahmemessungen, die in das TQ-Tool aufgenommen werden sollen

Schadstoff(gruppe)	Bedingung für Messung *	Messstrategie	Methode, Bemerkungen	Vorschlag für zu verwendende Richtwerte	Bewertungsvorschlag	für Neubau und/oder Sanierung
Flüchtige organische Verbindungen (VOC): Summe VOC	verpflichtend	Luftmessung	VDI 4300 Bl. 6, ÖNORM M 5700 Teil 1-3	siehe Tabelle 1.3 (Bewertung von Abnahmemessungen, Kapitel 1.2.3.)	Ausgezeichnet = +5 Sehr Gut = +3 Gut = 0 Befriedigend = -1 keine Messung = -2	Neubau Sanierung
Flüchtige organische Verbindungen (VOC): VOC Substanzklassen	verpflichtend	Luftmessung	VDI 4300 Bl. 6, ÖNORM M 5700 Teil 1-3	siehe Tab. 7.8 (Richtwerte für Abnahmemessungen – VOC und SVOC im Kapitel 7.6.3.3)	Qualitätsstufe 1 = +5 Qualitätsstufe 2 = 0 bis +4 Qualitätsstufe 3 = -2 Keine Messung = -2	Neubau Sanierung
Flüchtige organische Verbindungen (VOC): VOC Einzelverbindungen	verpflichtend	Luftmessung	VDI 4300 Bl. 6, ÖNORM M 5700 Teil 1-3	siehe Tabelle Tab. 2.10 (Österreichische und Deutsche Richtwerte für ausgewählte VOC, Kapitel 2.2.3.15)	≤ WIR = +5 falls für die Substanz noch kein WIR existiert: Richtwert I = +5 Abstufungen dazwischen ≥ Richtwert II = -2 keine Messung = -2	Neubau Sanierung

Schadstoff(gruppe)	Bedingung für Messung *	Messstrategie	Methode, Bemerkungen	Vorschlag für zu verwendende Richtwerte	Bewertungsvorschlag	für Neubau und/oder Sanierung
Formaldehyd	verpflichtend	Luftmessung	VDI 4300 Bl. 3	siehe Tabelle 1.3 (Bewertung von Abnahmemessungen, Kapitel 1.2.3.	Ausgezeichnet = +5 Sehr Gut = +3 Gut = 0 Befriedigend = -1 keine Messung = -2	Neubau Sanierung
Radon	nur in Radonrisikogebieten der Klasse 2 und 3 lt. ÖNORM S 5280-2	Luftmessung	ÖNORM S 5280-1	siehe Tab. 2.20 (Richtwerte für Radon – Raumluft, Kapitel 2.2.12.3)	$\leq 100 \text{ Bq/m}^3 = +5$ $100-200 \text{ Bq/m}^3 = 0$ $200-400 \text{ Bq/m}^3 = -1$ $\geq 400 \text{ Bq/m}^3 = -2$	Neubau Sanierung
Geruchsstoffe	verpflichtend sobald die Richtlinie erstellt wurde	Sensorische Prüfung, bei Verdacht z.T. apparative Messung abhängig von Substanz, Vergleich der Messwerte der Luftmessung mit Geruchsschwellenwerten	Geruchsausbildung, DIN 10950-2 ÖNORM-Entwurf	wird in zukünftigem Richtlinienenteil der Richtlinie zur Innenraumluft des BMLFUW berücksichtigt	noch nicht möglich	Neubau Sanierung

* Wenn nicht anders angegeben, bezieht sich die Angabe auf eine Abnahmemessung etwa eine Woche nach Baufertigstellung und Reinigung des Gebäudes ohne Einrichtung

8 ERGEBNISSE DES PROJEKTES UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

8.1 HINTERGRUND DES PROJEKTES

Eine schadstofffreie bzw. schadstoffarme Raumlufte ist eine wesentliche Voraussetzung für die Gewährleistung von "Gesundheit" und Wohlbefinden in Wohn-, Aufenthalts- oder Arbeitsräumen. Wesentliche Quellen von Schadstoffen in Innenräumen sind bestimmte menschliche Aktivitäten, wie das Zigarettenrauchen, andere Verbrennungsvorgänge, oder Reinigungstätigkeiten. Aber auch Baustoffe, Einrichtungsgegenstände und Materialien der Innenausstattung können die Raumluftequalität durch emittierende Schadstoffe erheblich belasten.

In den letzten beiden Jahrzehnten wurde immer häufiger von gebäudebedingten Befindlichkeitsstörungen berichtet, angefangen von unspezifischen Beschwerden des Sick Building Syndroms bis hin zu spezifischen Einzelfällen mit vermutetem bzw. untersuchtem Zusammenhang zwischen schweren Krankheits- oder gar Todesfällen (z.B. durch Krebserkrankungen)⁴³ und der Gebäude- oder Standortqualität. Überschreitungen von festgelegten Grenzwerten von Innenraumschadstoffen sind oft dokumentiert.

Im Rahmen von Gebäudebewertungen und Gebäudezertifikaten ist es daher relevant, den BewohnerInnen bzw. NutzerInnen garantieren zu können, dass das errichtete Gebäude nach heutigem Wissensstand die Ziele eines vorsorgenden Gesundheitsschutzes erfüllt. Das Gebäudebewertungssystem TQ-Tool (Total Quality),⁴⁴ welches mit Finanzierung der Programmlinie "Haus der Zukunft" entwickelt wurde – erfasst den Einfluss von Bauprodukten auf die Raumluftequalität bisher noch unbefriedigend.

Ziel des Projektes Sibat⁴⁵ war es daher, für TQ ein pragmatisches Bewertungsinstrument zu entwickeln, welches das mit Bauprodukten verbundene humantoxische Wirkungspotenzial vorausschauend abschätzt bzw. bewertet.

8.2 BESTANDSAUFNAHME

Als Grundlage für die Entwicklung des Bewertungssystems erfolgte eine umfassende Gegenüberstellung methodischer Zugänge zur Bewertung der Humantoxizität von Bauprodukten. Dabei wurden Methoden recherchiert, die humantoxische Wirkungen abbilden und für die Erstellung von Ökobilanzen (LCA) oder als Arbeitsschutztools verwendet werden. Insbesondere wurden Bewertungs- und -kennzeichnungssysteme für Bauprodukte berücksichtigt, wie z.B. Prüf- und Umweltzeichen oder Methoden, die nur auf Prüfkammermessungen aufbauen (z.B. AgBB-Schema).

⁴³ Derzeit z.B. Feldbach, Standard 18.11.2004.

⁴⁴ TQ unterstützt bei der Planung, Errichtung und Bewirtschaftung von Gebäuden und ist ein durchgehender Prozess von der Vorprüfung über die Zertifizierung der Planung bis zur abschließenden Zertifizierung nach der Errichtung des Gebäudes. Die Zertifizierung macht die Qualität eines Gebäudes sichtbar und vergleichbar und bringt so für die Vermarktung Vorteile und Sicherheit, www.argetq.at.

⁴⁵ Sibat = Vorsorgende **S**icherstellung der Innenraumluftequalität von Gebäuden – **A**nwendung von **T**oxizitätskriterien in der Materialbewertung.

Die bei Raumlufmessungen erfassten Schadstoffe und ihre nachgewiesenen oder potentiellen gesundheitlichen Wirkungen wurden ausführlich dokumentiert und sind als Hintergrundinformation für das Bewertungssystem nutzbar. Bestehende Grenz-, Richt- und Orientierungswerte für die Messung von Innenraumnoxen sind zusammenfassend dargestellt.

8.3 DAS SIBAT-BEWERTUNGSSYSTEM – TQ-ZERTIFIZIERUNG DER PLANUNG

Die Erstellung des Bewertungssystems, welches auf der Bewertung von Baustoffen basiert, jedoch eine Aussage zur Planungsqualität bezüglich Raumluf eines Gebäudes machen soll, ist mit folgenden Herausforderungen konfrontiert:

- Die Problematik liegt in der Verfügbarkeit ausreichender Daten. Qualifizierte Aussagen zur Raumlufqualität können nur aus Prüfkammermessungen von Bauprodukten abgeleitet werden. Aber gerade diese sind derzeit häufig noch nicht ausreichend verfügbar. Alternativ kann eine Bewertung auf die Angabe von Inhaltsstoffen aufbauen, wobei die Aussage jedoch mit größerer Unschärfe über die tatsächlich zu erwartenden Belastungen verbunden ist. Es ist zwar zu erwarten, dass sich die Datenverfügbarkeit in Zukunft bessern wird, für die nächsten Jahre ist dennoch mit Datenlücken zu rechnen. Verbesserungen sind zu erwarten durch eine stärkere Integration von Gesundheits- und Umweltschutzaspekten in die Gesetzgebung, durch nationale Ansätze zur Umsetzung der Bauproduktenrichtlinie (wie z.B. das AgBB-Schema in Deutschland) oder durch eine zunehmende Sensibilisierung von KonsumentInnen, welche eine Zunahme der Auszeichnung von Bauprodukten mit Prüf- und Umweltzeichen nach sich zieht.
- Die Bauproduktgruppen, welche potentielle Quellen für Schadstoffe in Innenräumen darstellen, weisen jeweils Produktbesonderheiten auf, welche ein Bewertungssystem zu berücksichtigen hat.

Das SIBAT-Bewertungssystem strebt einen soweit als möglich einheitlichen Vorschlag zur Bewertung von Bauprodukten bezüglich Raumlufqualität an. Daher werden zunächst für alle Produktgruppen gleichermaßen gültige Kriterien festgelegt. Dies ist durch den Fokus auf das gesamte Gebäude bedingt. Es soll eine Gesamtaussage zur Vorsorge für eine gesunde Raumluf getroffen werden. Zur Belastung der Innenraumluf tragen aber Produktgruppen aufgrund ihrer Zusammensetzung und Verbauung unterschiedlich stark bei. Außerdem bestehen bereits eine Reihe etablierter Produktkennzeichnungen), deshalb wird die Bewertung in solchen Fällen an die besonderen Erfordernisse dieser Produktgruppen angepasst, um Produktbesonderheiten zu berücksichtigen und Prüf- und Gütezeichen auch sinnvoll integrieren zu können. Dies wurde für folgende Produktgruppen durchgeführt:

- Klebstoffe,
- Lacke,
- Wandfarben,
- Bodenbeläge (Bodenbeläge auf Basis von Holz- und Holzwerkstoffen, textile Bodenbeläge, elastische Bodenbeläge).

Das Bewertungssystem kann wie folgt charakterisiert werden:

- Die Bewertung berücksichtigt nur jene humantoxischen Wirkungen, die in der Nutzungsphase des Gebäudes auftreten können. Aspekte der Errichtungsphase (speziell Arbeitsschutzgesichtspunkte), Umweltaspekte sowie Fragen der Entsorgung werden nicht berücksichtigt. Dies ist damit begründet, dass für die Verarbeitungsphase bereits eine Reihe von ArbeitnehmerInnenschutzanforderungen existieren, für die Nutzungsphase hinge-

gen nach wie vor kaum Vorsorgerichtwerte festgelegt wurden. Umweltaspekte werden im TQ-Tool bereits durch eine Reihe von Kriterien abgedeckt.

- Bauprodukte werden zu Produktgruppen zusammengefasst (z.B. elastische Bodenbeläge, Lacke, etc.).
- Die Bewertung wird anhand von fünf Wirkungskategorien CMR, Reizende Wirkungen, Inhalative Toxizität, Sensibilisierung und Geruch sowie einer Vorsorgekategorie vorgenommen. In der Wirkungskategorie CMR werden nachgewiesene und vermutete cancerogene (krebserzeugende), mutagene (erbgutverändernde) und reproduktionstoxische (fortpflanzungsgefährdende) Eigenschaften von Emissionen bzw. Inhaltsstoffen bewertet. In der Kategorie Reizende Wirkungen werden die Emissionen Summe-VOC und Summe-SVOC oder auf Inhaltsstoffebene der Gehalt an VOC bewertet. Da Formaldehyd neben cancerogenen auch reizende Eigenschaften aufweist, wird Formaldehyd ebenfalls berücksichtigt. Mit der Wirkungskategorie "Inhalative Toxizität" wird versucht, die Flüchtigkeit eines Stoffes mit seinem toxischen Potenzial zu verknüpfen. Es werden einerseits Kriterien für einzelne Stoffemissionen festgelegt und andererseits Methoden eingesetzt, die eine Gewichtung von Emissionen oder Inhaltsstoffen mit Korrelationsfaktoren vornehmen, die sich aus Arbeitsschutzgrenzwerten ableiten. Mit der Vorsorgekategorie werden Stoffwirkungen abgedeckt bzw. bewertet, die über andere Bewertungskategorien nicht erfasst werden, aus der Sicht des Vorsorgeprinzips aber relevant sind. Es handelt sich dabei um eine Wirkungskategorie, die nicht nur vermutete gesundheitlich nachteilige Wirkungen bewertet, sondern zusätzlich in den Auswirkungen unklare und diffuse, dafür aber ubiquitäre Belastungen beschreibt. Die dabei betrachteten "Wirkungen" bzw. "Belastungen" sind Stoffe mit nachgewiesener oder vermuteter Wirkung auf das Hormonsystem und organische Stoffe mit auffälligen Befunden in Hausstaubmessungen.
- Innerhalb der Wirkungskategorien wird in 4 Qualitätsklassen A bis D bewertet, wobei das Potenzial einer gesundheitlichen Beeinträchtigung von A nach D zunimmt.
- Die Bewertung baut entweder auf Emissionsmessungen oder den Gehalt an Inhaltsstoffen im Bauprodukt auf. Wird anhand von Emissionsdaten bewertet, so stammen diese aus Prüfkammeruntersuchungen und es wird ein direkter Zusammenhang zwischen deren Auftreten in der Prüfkammer und dem Auftreten als Innenraumluftschadstoff angenommen. Wird nach Inhaltsstoffen bewertet, sind für die Bewertung Gehaltsangaben (Gew%) sowie die Kenntnis physikalischer Eigenschaften (Dichte, Dampfdruck oder Siedepunkt) erforderlich. Da eine Prüfkammermessung einen unmittelbaren Zusammenhang mit der Innenraumluftsituation in der Nutzungsphase herstellt, hat der Nachweis der Einhaltung von Emissionsgrenzwerten für die Bewertung einen höheren Stellenwert als Konzentrationsangaben von Inhaltsstoffen im Bauprodukt. Daher können Produkte die beste Qualitätsklasse A nur auf Basis von Emissionsmessungen erlangen.
- Die Bewertung orientiert sich soweit als möglich an Kriterien von Produktlabels (Prüf- und Umweltzeichen), so dass Produkte bei Vorliegen eines entsprechenden Prüfzeichens in die jeweiligen Qualitätsklassen eingestuft werden können.
- Die Bewertung erfolgt zunächst auf der Ebene von Bauprodukten. In einem weiteren Schritt ist dann eine Aggregation über das gesamte Gebäude vorzunehmen. Dies erfolgt über eine flächenbezogene Zugangsweise (d.h. wie viel Prozent der Flächen, die den Raum auskleiden, sind mit Materialien der jeweiligen Qualitätsklassen ausgestattet?). Es wird also berechnet, wie viel Prozent der eingesetzten Materialien in die jeweilige Kategorie eingestuft sind. Für die Überführung in die Skalen des TQ-Tools (Bewertung von +5 bis -2) wird dann eine Zuordnung entsprechend der erreichten Prozentzahl für die Qualitätsklassen vorgeschlagen.

8.4 ABNAHMEMESSUNGEN – TQ-ZERTIFIZIERUNG DER ERRICHTUNG

Die Vorsorge bei der Auswahl von Baumaterialien, die sich in der entsprechenden Bewertung ausdrückt, sollte nach Errichtung des Gebäudes dann auch durch die Einhaltung entsprechender Richtwerte bei der Abnahmemessung bestätigt werden (TQ-Zertifizierung der Errichtung). Es wurde daher auch eine Erweiterung der gemessenen Parameter mit entsprechender Bewertung für das TQ-Tool – Zertifizierung der Errichtung vorgeschlagen.

8.5 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Eine wichtige Voraussetzung für die Anwendbarkeit des Bewertungssystems ist die Verfügbarkeit von Daten zu den Bauprodukten. Da Prüfkammermessungen Schadstoffbelastungen in der Raumluft direkt abbilden, wurde diesen in der Bewertung Priorität eingeräumt. Auf Grund noch erheblicher Datenlücken, wurde alternativ eine Vorgangsweise auf Basis von Inhaltsstoffen vorgeschlagen. Eine Anwendung beider Varianten wurde anhand von Parkettlacken und Bodenbelägen durchgeführt. Für die Beurteilung der Bodenbeläge konnten großteils Emissionsdaten herangezogen werden. Diese stammen vorwiegend aus einer Studie, da eine Befragung von Herstellern zu wenig Daten lieferte, womit sich das Problem der Datenverfügbarkeit bestätigte. Die Bewertung der Parkettlacke erfolgte auf Basis von Inhaltsstoffangaben in Sicherheitsdatenblättern.

Die Bewertung der Parkettlacke war problemlos möglich, jedoch zeigten sich noch Schwächen in der Aussage der Kategorie "Inhalative Toxizität" bei der Bewertung auf Basis von Inhaltsstoffen. Die Kritikpunkte konnten nicht abschließend geklärt werden, so dass die Methode hier einen Entwurf darstellt, der einer weiteren Diskussion bedarf. Insbesondere ist dabei auch auf eine inhaltliche Verbindung zur derzeit in Erstellung befindlichen IXBau-Datenbank⁴⁶ hinzuweisen. Im Rahmen des Projektes hat es einen gegenseitigen Informationsaustausch gegeben, so dass beide Projekte voneinander profitieren konnten. Da die Weiterentwicklung im Rahmen von IXBau zum Zeitpunkt des Abschlusses des Sibat-Projektes noch in Arbeit ist, müssen weitere Ergebnisse abgewartet werden.

Bei der Bewertung der Bodenbeläge zeigte sich, dass Fertigwaren in die Kategorien "CMR", "Reizende Wirkungen" und "Inhalative Toxizität" auf Basis von Emissionsdaten für Einzelsubstanzen, Formaldehyd und die Summe VOC und SVOC sowie Inhaltsstoffangaben zu CMR problemlos eingestuft werden konnten und die gewählten Bewertungsstufen zu einer folgerichtigen Differenzierung der Produkte führen. Für die Vorsorgekategorie lagen für eine Einstufung von Fertigwaren zu wenig Daten vor, da dem Hersteller des Endproduktes oft selber entsprechende Informationen über die Zusammensetzung der Inhaltsstoffe nicht vorliegen.

⁴⁶ In der IXBAU-Datenbank werden ökologisch verträgliche Bauprodukte und Bauchemikalien im Internet online abrufbar sein. Die Datenbank wird von bauXund in Kooperation mit dem Institut für Baubiologie und –ökologie (IBO) im Auftrag der Stadt Wien und des ÖkobauClusters Niederösterreich erstellt.

Prinzipiell stellt die Sibat-Methode ein sinnvolles und anwendbares Bewertungsinstrument für das humantoxische Wirkungspotenzial von Bauprodukten dar, welches sich für die Anwendung in TQ eignet.

9 AUSBLICK UND EMPFEHLUNGEN

Das vorliegende Projekt hat sich der Aufgabe gestellt, ein Konzept zu entwickeln, mit dessen Hilfe Bauprodukte nach ihrem Einfluss auf die Innenraumluft bewertet werden können. In der umfassenden Literaturrecherche konnte dabei kein vergleichbarer Ansatz identifiziert werden. Vielmehr wurden – um die Aufgabe zu lösen – bestehende Methoden und Instrumente aus der Produktprüfung und –kennzeichnung sowie dem Arbeitsschutz herangezogen und weiterentwickelt.

Wie bereits in Kapitel 8.5 dargestellt, ist eine wichtige Voraussetzung für die Anwendbarkeit des Bewertungssystems die Verfügbarkeit von Daten zu den Bauprodukte. Dies betrifft vor allem Prüfkammer-Messungen, die zur Zeit noch nicht ausreichend zur Verfügung stehen, welchen jedoch Priorität in der Bewertung eingeräumt wurde, da sie Schadstoffbelastungen in der Raumluft direkt abbilden. Auf Grund der erheblichen Datenlücken, wurde alternativ eine Bewertung auf Basis von Inhaltsstoffen vorgeschlagen. Aus diesen beiden unterschiedlichen Bewertungszugängen ergeben sich aber Einschränkungen, was die Kohärenz und die Aussagekraft der Bewertung betrifft.

- Die Kriterien für die Einstufung in die jeweiligen Qualitätsklassen einerseits auf Basis von Prüfkammernmessungen und andererseits auf Basis von Inhaltsstoffen, wurden soweit als möglich aufeinander abgestimmt. Es kann jedoch nicht von einer direkten Korrelation ausgegangen werden. Das heißt, es kann bei Bewertungen nach den Inhaltsstoffen genau genommen keine Aussage über Emissionen getroffen werden. Solche Bewertungen sind aber Sinne des Vorsorgeprinzips und der Schadstoffvermeidung sinnvoll, solange keine Alternativen zur Verfügung stehen.
- In der Wirkungskategorie "Inhalative Toxizität" konnte noch keine abschließende Bewertung nach den Inhaltsstoffen gefunden werden. Es wurde ein Arbeitsschutztool (MAL Code) übernommen und an die Nutzungsphase angepasst. Diese Zugangsweise wurde innerhalb der Projektgruppe kontroversiell diskutiert. Adaptionsbedarf wird z.B. dadurch signalisiert, dass eine wasserbasierende Beschichtungen laut Schema in die Kategorie "C" oder "D" eingeordnet wird, was gängigen bauökologischen Empfehlungen widerspricht. Die im konkreten Fall enthaltene Substanz, die zu dieser Bewertung führt, hat natürlich eine toxische Relevanz, es fehlt jedoch eine Differenzierung zu weitaus human-toxischeren Substanzen. Ähnliches gilt auch für lösungsmittelhaltige Beschichtungen, auch hier wäre eine bessere Einstufung in dieser Kategorie angemessener. Das Problem liegt darin, dass die MAK-Werte sich zum Teil auf inhalative Reizwirkungen beziehen, dass jedoch die Einschätzung über den MAK-Wert auf eine ganz andere Kategorie, nämlich die "Inhalative Toxizität" angewendet wird.
- Die Kritikpunkte konnten nicht abschließend geklärt werden, so dass die Bewertung in diesem einen Fall einen Entwurf darstellt, der einer weiteren Diskussion bedarf. Insbesondere ist hier auch auf eine inhaltliche Verbindung zur derzeit in Erstellung befindlichen IXBau-Datenbank hinzuweisen. In der IXBau-Datenbank werden umwelt- und gesundheitsrelevante Daten von Baustoffen (Fertigwaren und Zubereitungen) als Grundlage für die Produktauswahl und Ausschreibung gesammelt. Im Rahmen des Projektes hat es einen gegenseitigen Informationsaustausch gegeben, so dass beide Projekte voneinander profitieren konnten. Zur Bewertung der Innenraumrelevanz wurde von IXBau der Zugang über eine Adaption des dänischen MAL Codes aufgegriffen. Da die Weiterentwicklung zum Zeitpunkt des Abschlusses des Sibat-Projektes noch in Arbeit ist, müssen weitere Ergebnisse abgewartet werden.

Mit der Entwicklung von Datenbanken wie IXBAU, einer weiteren Verbreitung von Umweltzeichen, insbesondere solchen die zu einem großen Teil auf Prüfkammermessungen aufbauen, wie z.B. natureplus, und strengeren Zulassungsbedingungen für Baustoffe bezüglich Gesundheitsverträglichkeit wird die Verfügbarkeit von Daten und insbesondere von Emissionsdaten zunehmen. Für die Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Systeme und einer Einbindung in Bewertungssysteme wie SIBAT wären normierte Systeme für Kriterienraster, Mess- und Auswertungsmethoden eine wichtige Voraussetzung. Bis zum Vorliegen ausreichender Daten ist es denkbar, in Datenbanken wie IXBAU für fehlende Teilmessungen evtl. auf ExpertInnenjudgements zurückzugreifen.

Darüber hinausgehender Forschungsbedarf besteht für die Bewertung folgender Wirkungskategorien:

- Die Bewertung "Endokrine Wirkung und Hausstaubmonitoring" wurde auf Basis jüngster Publikationen erstellt. Mit dieser Kategorie werden Stoffwirkungen abgedeckt bzw. bewertet, die über andere Bewertungskategorien nicht erfasst werden, aus der Sicht des Vorsorgeprinzips aber relevant sind. Es handelt sich dabei um Stoffe, zu denen eine nicht abgeschlossene wissenschaftliche Diskussion geführt wird und es noch keine oder nur teilweise Regelungen in Form von Einstufungen, Verboten oder Verwendungsbeschränkungen gibt. Diese Wirkungskategorie bedarf daher einer regelmäßigen Adaption an neue Erkenntnisse.
- Für die Wirkungskategorie "Sensibilisierung" werden im Rahmen des Bewertungssystems zwar Kriterien vorgeschlagen, welche in der TQ-Prüfung auch abgefragt werden sollen. Von einer Darstellung im TQ-Zertifikat wurde jedoch abgesehen, da für die entsprechenden Testverfahren zur Einstufung von Stoffen, wie Tierversuchen und bevorzugten Testverfahren zur Objektivierung immunologischer Reaktionen in vitro, noch Forschungsbedarf besteht. Voreilige Rückschlüsse auf ein allergiefreies Produkt oder im Endeffekt auf ein allergiefreies Gebäude sollten vermieden werden.

Im Rahmen des Projektes wurde außerdem ein Schema entwickelt, wie eine Aggregation der Ergebnisse der humantoxische Bewertung von Baustoffen für ein Gesamtgebäude erfolgen könnte. Dieser Schritt ist notwendig, um zu einer Gesamtbewertung für das Gebäudebewertungsinstrument TQ zu gelangen. Die Tauglichkeit der vorgeschlagenen Vorgangsweise und die Adäquatheit der erzielten Bewertungen muss im Praxistest noch geprüft werden.

10 LITERATURVERZEICHNIS

2. BImSchV: Zweite Verordnung zum Bundesimmissionsschutzgesetz (1990) Verordnung zur Emissionsbegrenzung von leichtflüchtigen Halogenkohlenwasserstoffen (BGBl. I S. 2694) (Deutschland)
- 2002/272/EG: Entscheidung der Kommission vom 25. März 2002 zur Festlegung der Umweltkriterien für die Vergabe des Umweltzeichens der Gemeinschaft für harte Bodenbeläge
- 2002/739/EG: Entscheidung der Kommission vom 3. September 2002 zur Festlegung überarbeiteter Umweltkriterien zur Vergabe des EG-Umweltzeichens bei Innenfarben und -lacken und zur Änderung der Entscheidung 1999/10/EG
- Ad-hoc Arbeitsgruppe (1996): Richtwerte für die Innenraumlufthygiene: Basisschema. Entwickelt von der Ad-hoc Arbeitsgruppe der Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der AGLMB. Bundesgesundheitsblatt 39: 422-426
- Ad-hoc Arbeitsgruppe (1997): Richtwerte für die Innenraumlufthygiene: Pentachlorphenol. Bundesgesundheitsblatt 40: 234-236
- AgBB (2002): Vorgehensweise bei der gesundheitlichen Bewertung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC und SVOC) aus Bauprodukten. AgBB-Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten, Juni 2002, <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/voc.htm>
- AGÖF (2004): AGÖF-Orientierungswerte für Inhaltsstoffe von Raumlufthygiene und Hausstaub. In: Umwelt, Gebäude und Gesundheit. Innenraumhygiene, Raumlufthygiene und Energieeinsparung, 7. Fachkongress der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF), München 4.-5.3.2004
- Akademie der Wissenschaften (1997): Flüchtige Kohlenwasserstoffe in der Atmosphäre – Luftqualitätskriterien VOC. Band 2, Hrsg.: Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie
- AK-Innenraumlufthygiene (2003): Richtlinie zur Bewertung der Innenraumlufthygiene. Hrsg.: Österreichische Akademie der Wissenschaften – Kommission für Reinhaltung der Luft im Auftrag des BMLFUW, April 2003
- AK-Innenraumlufthygiene (2004a): Richtlinie zur Bewertung der Innenraumlufthygiene. Vorschlag zu dem Richtlinienenteil 'Toluol'. erarbeitet vom Arbeitskreis Innenraumlufthygiene am Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, unpubliziert
- AK-Innenraumlufthygiene (2004b): Richtlinie zur Bewertung der Innenraumlufthygiene. Vorschläge zum Richtlinienenteil 'CO₂ als Lüftungsparameter'. erarbeitet vom Arbeitskreis Innenraumlufthygiene am Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, unpubliziert
- Althaus E, Jakubith M (2000): Arbeitsplatz-Grenzwerte 2000: Tabellen-Gesamtausgabe der TRGS 900 – 903 – 905 – 907, ecomed
- Amt der OÖ. Landesregierung (2003): Rechenblatt zur Berechnung der CO₂-Konzentrationen in Schulräumen. unpubliziert, auf Anfrage als excel-file verfügbar
- Andersson K, Fjällström P, Andersson B, Nilsson C, Sandström M (1999): Emission of volatile organic compounds from the indoor application of water-based paints containing

- linseed oil. Proc. INDOOR AIR '99, 8th International Conf. on Indoor Air Quality and Climate, Edinburgh 1999, Vol. 5: 167-172
- Apte MG, Fisk WJ, Daisey JM (2000): Associations between indoor CO₂ concentrations and sick building syndrome symptoms in U.S. office buildings: An analysis of the 1994-1996 BASE study data. *Indoor Air* 10: 246-257
- Arbeitnehmerinnenschutzgesetz – AschG: Bundesgesetz über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit, BGBl. 450/1994
- ARGEBAU (1994): Richtlinie für die Bewertung und Sanierung PCB-belasteter Gebäude
- Arguk (2004): Homepage des ARGUK-Umweltlabors. Internet: <http://www.arguk.de/infos/eulaninfo.htm>, Stand 10.01.2004
- Ärztinnen und Ärzte für eine gesunde Umwelt (2003): Wohnen und Gesundheit. Hrsg.: Verein Ärztinnen und Ärzte für eine gesunde Umwelt, Wien
- Asbestverordnung (1990): Verordnung des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie und des Bundesministers für Arbeit und Soziales vom 10. April 1990 über Beschränkungen des Inverkehrsetzens und des Herstellens, des Verwendens sowie über die Kennzeichnung asbesthaltiger Stoffe, Zubereitungen und Fertigwaren, BGBl. Nr. 324/1990
- ASHRAE (1989): ASHRAE Standard 62 – 1989: Ventilation for acceptable indoor air quality. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Atlanta, GA
- B.A.U.C.H. (1991): Analyse und Bewertung der in Raumluft und Hausstaub vorhandenen Konzentrationen der Weichmacherbestandteile Diethylhexylphthalat und Dibutylphthalat. Eigenverlag Verein für Umweltchemie, Berlin
- Balfanz E et al. (1992): Meßtechnik und Bewertung von halogenorganischen Verbindungen im Innenraum. In: Schadstoffbelastung in Innenräumen, VDI Schriftenreihe Band 19, Düsseldorf
- Batterman S, Peng CY (1995): TVOC and CO₂-concentrations as indicators in indoor air quality studies. *Am Ind Hyg Assoc J* 56: 55-65
- Baudisch C, Prösch J (2000): DDT- und Lindanexposition nach Anwendung von Holzschutzmitteln. *Umweltmedizin in Forschung und Praxis* 5: 161-166
- Bauproduktengesetz – BauPG: Bundesgesetz über das Inverkehrbringen von Bauprodukten und den freien Warenverkehr mit diesen, BGBl. I Nr. 55/1997
- Belazzi T (2004): Datenbankgestütztes Chemikalienmanagement zur Minimierung der VOC-Belastung der Innenraumluft. In: Österr. Institut für Baubiologie und -ökologie (Hrsg.): *Gesunde Raumluft. Schadstoffe in Innenräumen – Prävention und Sanierung*. Internationaler Kongress, MessezentrumWienNeu, 12.-13.2.2004. IBO-Verlag, Wien
- Benn CS, Melbye M, Wohlfahrt J, Bjorksten B, Aaby P (2004): Cohort study of sibling effect, infectious diseases, and risk of atopic dermatitis during first 18 months of life. *Brit Med J* 328:1223
- Bernstein D (1998): The scientific and health related reasons for fiber classification by the EU. In: VDI Berichte 1417 – Sicherer Umgang mit Fasermaterialien, 111-128. VDI Verlag, Düsseldorf
- BGA (1977): Bewertungsmaßstab für Formaldehyd in der Raumluft. Deutsches Bundesgesundheitsamt. BGA-Pressedienst 19/77 vom 12.10.1977

- BGA (1984): Formaldehyd. Gemeinsamer Bericht des BGA, der BAU und des UBA, 1.10.1984
- BGA (1993): Raumklimabedingungen in Schulen, Kindergärten und Wohnungen und ihre Bedeutung für die Bestimmung der Formaldehydkonzentration. Kommission Innenraumluftthygiene des BGA, Bundesgesundheitsblatt 2/93
- BgVV (2000): Gesundheitliche Bewertung von Permethrin in Wollteppichen. Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin, heute: Bundesinstitut für Risikobewertung, Stellungnahme von Dezember 2000. www.bgvv.de/cd/237
- Binder M, Obenland H, Maraun W (2004): Chloranisole als Verursacher von schimmelähnlichem Geruch in älteren Fertighäusern. Tagungsband des 7. Fachkongresses der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF) vom 4.-5.3.2004, München
- Birnbaum LS, Staskal DF (2004): Brominated flame retardants: cause for concern? Environmental Health Perspectives 112: 9-17
- Bischof W (2001): Intramurale biologische Luftverunreinigungen – Expositionen und Prediktoren. In: Hygienemanagement im Innenraum. VDI-Berichte 1603, VDI-Verlag Düsseldorf
- Bischof W, Koch A, Gehring U, Fahlbusch B, Wichmann HE, Heinrich J (2002): Predictors of High Endotoxin Concentrations in the Settled Dust of German Homes. Indoor Air Vol 12, No. 1: 2-9
- Björnsson E, Norbäck D, Janson C, Widström J, Palmgren U, Ström G, Boman G. (1995): Asthmatic symptoms and indoor levels of microorganisms and house dust mites. Clin Exp Allergy 1995
- Blauer Engel: Grundlage für die Umweltzeichenvergabe emissionsarme Wandfarben RAL-UZ 102, September 2003, www.blauer-engel.de
- Blauer Engel: Grundlage für die Umweltzeichenvergabe schadstoffarme Lacke RAL-UZ 12a, Januar 1997, www.blauer-engel.de
- Blessing R, Derra R (1992): Holzschutzmittelbelastungen durch Pentachlorphenol und Lindan in Wohn- und Aufenthaltsräumen. Staub-Reinhaltung der Luft 52: 265-271
- BMLFUW (2004a): Chemie in Innenräumen – ein Auslöser für MCS?, 3. Fachdialog, 15. Juni 2004, Wien
- BMLFUW (2004b): Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft. Hrsg.: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Akademie der Wissenschaften – Kommission Reinhaltung der Luft, Eigenverlag des BMLFUW, Blau-Weiße Reihe (Loseblattsammlung, idgF)
- BMUJF (1989): Photooxidantien in der Atmosphäre – Luftqualitätskriterien Ozon. Akademie der Wissenschaften, Kommission Reinhaltung der Luft, Hrsg.: Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie
- BMUJF (1997): Flüchtige Kohlenwasserstoffe in der Atmosphäre – Luftqualitätskriterien VOC, Band 2. Akademie der Wissenschaften, Kommission Reinhaltung der Luft, Hrsg.: Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie

- BMUJF (1998): Stickstoffoxide in der Atmosphäre. Luftqualitätskriterien NO₂. Wirkungen auf den Menschen. Österreichische Akademie der Wissenschaften Band 17, Neubearbeitung 1998
- Bornehag CG, Blomquist G, Gyntelberg F, Jarvholm B, Malmberg P, Nordvall L, Nielsen A, Pershagen G and Sundell J (2001): Dampness in Buildings and Health. Nordic interdisciplinary review of the scientific evidence on associations between exposure to dampness in buildings and health effects (NORDDAMP). *Indoor Air* 11 (5): 72-86
- Braun-Fahrländer C (2003a): Environmental exposure to endotoxin and other microbial products and the decreased risk of childhood atopy: evaluating developments since April 2002. *Curr-Opin-Allergy-Clin-Immunol.* 3: 325-329
- Braun-Fahrländer C (2003b): Allergien und Allergene im Innenraum. In: Ärztinnen und Ärzte für eine gesunde Umwelt (Hrsg.): Wohnen und Gesundheit, Wien
- Braun-Fahrländer C, Gassner M, Grize L, Takken-Sahli K, Neu U, Stricker T, Varonier HS, Wuthrich B, Sennhauser FH (2004): No further increase in asthma, hay fever and atopic sensitisation in adolescents living in Switzerland. *Eur-Respir-J.* 23: 407-413
- Brown VM, Cockram AH, Crump DR, Gardiner D (1990): Investigations of the volatile organic compound content of indoor air in homes with an odorous damp proof membrane. Proc. INDOOR AIR '90, 5th Internat. Conf. on Indoor Air Quality and Climate. 29 July - 3 August 1990, Toronto, Canada, Vol. 3: 557-580
- Bundesimmissionsschutzgesetz (1990): 2. VO zum Bundesimmissionsschutzgesetz: Verordnung zur Emissionsbegrenzung von leichtflüchtigen Halogenkohlenwasserstoffen. BGBl. I S. 2694, BGBl. III S. 2129-8-2-3. Deutschland
- Bunke D, Graulich K (2001): MEG – Äquivalente als Indikator für den Einsatz gefährlicher Stoffe in Produkten und Prozessen, www.uni-oldenburg.de/ecomtex/Publikationen/Oekologie/MEG_Bunke_Juli2001_EXT.PDF
- Butte W, Hoffmann W, Schmidt A, Walker G (2001): Endokrin wirksame Substanzen im Hausstaub: Ergebnisse eines repräsentativen Monitorings. *Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft* 61 (1/2): 19-23
- BUWAL (1997): Luftqualität in Innenräumen. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Schriftenreihe Umwelt Nr. 287
- Cadmiumverordnung: Verordnung des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie über Verbote und Beschränkungen von Cadmium und seinen Verbindungen sowie von Bleiweiß, BGBl. Nr. 855/1993
- Chemikalien-EU-Anpassungs-Verordnung: Verordnung des Bundesministers für Umwelt über Beschränkungen oder ein Verbot von in der Europäischen Union beschränkten oder verbotenen Stoffen und Zubereitungen, BGBl.Nr. 169/1996
- Chemikaliengesetz 1996 (ChemG) Bundesgesetz über den Schutz des Menschen und der Umwelt vor Chemikalien, BGBl. I Nr. 53/1997 i.d.F. 98/2004
- COST (1990): Indoor Air Pollution by Formaldehyd in European Countries. Report No. 7, COST Project 613, Commission of the European Communities
- Dänische Behörde für Arbeitsschutz (2002): Arbejdstilsynet: Grænseværdier for stoffer og materialer", www.arbejdstilsynet.dk/graphics/at/pdf/At-vejledninger/C01-GV-liste-oktober-2002.pdf

- Dänische Behörde für Arbeitsschutz (1993): Bilag til Arbejdstilsynets bekendtgørelse nr. 301 af 13. maj 1993 (inkl. underbilag), www.at.dk/sw6239.asp
- Danish Society of Indoor Climate – Danish Technological Institute Building Technology (2000): General Labelling Criteria. 1st Edition, www.dsic.org
- Danish Society of Indoor Climate – Danish Technological Institute Building Technology (2003): Standard Test Method for Determination of the Indoor-Relevant Time-Value by Chemical Analysis and Sensory Evaluation. 2nd Edition, www.dsic.org
- Danish Society of Indoor Climate (2003): Introduction to the Principles behind the Indoor Climate Labelling. 2nd Edition, www.dsic.org
- Davis PJ (2001): Molds, toxic molds, and indoor air quality. California Research, Bureau, California State Library CRB Note. 8: 1-17
- De Bortoli, Knöppel et al. (1986): Concentrations of selected organic pollutants in Indoor and outdoor air in northern Italy. Environment International 12: 343-350
- Devos M et al. (1990): Standardized human olfactory thresholds, Oxford University Press
- DGAI/AWMF (2004): AWMF-Leitlinien-Register Nr. 061/016: Allergieprävention-Leitlinien – Leitlinien nach Fächern – Allergologie. Deutsche Gesellschaft für Allergologie und klinische Immunologie (DGAI)/ Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF), Internet vom 02.04.2004: www.awmf-online.de
- DIBt (1996): Richtlinie für die Bewertung und Sanierung schwach gebundener Asbestprodukte in Gebäuden (Asbest-Richtlinie). Fassung Jänner 1996, Deutsches Institut für Bautechnik 3/1996
- Diel F et al. (2002): Criteria for allergenic Building Materials, Med. Immunol. 4/3: 407-416
- DIN 10950-2 (2000): Sensorische Prüfung. Allgemeine Grundlagen
- DIN 1946-6, Raumluftechnik – Teil 6: Lüftung von Wohnungen; Anforderungen, Ausführung, Abnahme (VDI-Lüftungsregeln)
- Doll R et al (1972): Mortality of gas workers – final report of a prospective study. Brit. J. Industr. Med. 29: 394-406
- Douwes J, Dubbeld H, van Zwieten L, Wouters I, Doekes G, Heederik D, Steerenberg P (1997): Work relates acute and (sub-)chronic airways inflammation assessed by nasal lavage in compost workers. Ann. Agric. Environ. Med. 4: 149-151
- Douwes J, Doekes G, Heinrich J, Koch A, Bischof W, Brunekreef B (1998): Endotoxin and β -1,3-glucane in house dust and the relation with home characteristics: a pilot Study in 25 German Houses. Indoor Air 8
- ECA (1991): Guideline for the Characterisation of Volatile Organic Compounds Emitted from Indoor Materials and Products Using Small Test Chambers. ECA-Report No 8
- ECA (1992): Ventilation Requirements in Buildings. European Concerted Action – Indoor Air Quality & its Impact on Man. Commission of the European Communities, Joint Research Centre, ECA-Report No 11
- ECA (1993a): Biological particles in Indoor Environments European Concerted Action – Indoor Air Quality & its Impact on Man. Commission of the European Communities, Joint Research Centre, ECA-Report No 12

- ECA (1993b): Determination of VOCs emitted from indoor materials and products. Interlaboratory comparison of small chamber measurements. ECA-Report No 13
- ECA (1995): Determination of VOCs emitted from indoor materials and products. Second interlaboratory comparison of small chamber measurements, ECA-Report No 16
- ECA (1997): Total Volatile Organic Compounds (TVOC) in Indoor Air Quality Investigations. European Concerted Action – Indoor Air Quality & its Impact on Man. Commission of the European Communities, Joint Research Centre, ECA-Report No 19
- EN ISO 10545-15 (1995): Determination of Lead and Cadmium given off by glazed tiles
- Engler (1992): Humantoxikologisch relevante Aspekte bei der Sanierung und Prävention halogenorganischer Verbindungen in Innenräumen. In: Schadstoffbelastung in Innenräumen, VDI Schriftenreihe Band 19, Düsseldorf
- Englert N (1997): Richtwerte für die Innenraumluft: Kohlenmonoxid. Bundesgesundheitsblatt 40: 425-428
- Englert N (1998): Richtwerte für die Innenraumluft: Stickstoffdioxid. Bundesgesundheitsblatt 41: 9-12
- Erdmann CA, Steiner KC, Apte MG (2002): Indoor carbon dioxide concentrations and sick building syndrome symptoms in the BASE study revisited: Analyses of the 100 building dataset. Proc. INDOOR AIR '02, 9th Internat. Conf. on Indoor Air Quality and Climate. 30 June - 05 July 2002, Monterey, USA, Vol. 3: 443-448
- Fahy O, Senechal S, Pene J, Scherpereel A, Lassalle P, Tonnel AB, Yssel H, Wallaert B, Tsiocopoulos A (2002): Diesel exposure favors Th2 cell recruitment by mononuclear cells and alveolar macrophages from allergic patients by differentially regulating macrophage-derived chemokine and IFN-gamma-induced protein-10 production. J. Immunol. 168: 5912-5919
- Fingerhut MA, Halperin WE, Marlow DA, Piacitelli LA, Honchar PA, Sweeney MH, Greife AL, Dill PA, Steenland K, Surada J (1991): Cancer mortality in workers exposed to 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin. N. Engl. J. Med. 324: 212-218
- Flannigan B, Morey PR (1996): ISIAQ Task Force 1: Towards Guidelines for Control of Moisture. Problems affecting Indoor Air Quality. Indoor Air Quality in Practice, Moisture and Cold Climate Solutions. Task Force Report
- Formaldehydverordnung: Verordnung des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie vom 12. Februar 1990 über Beschränkungen des Inverkehrsetzens und über die Kennzeichnung formaldehydhaltiger Stoffe, Zubereitungen und Fertigwaren, BGBl. Nr. 194/1990
- Friedmann H (2004a): Radon in Österreich. Physikalische Grundlagen und Vorkommen. In: Österr. Institut für Baubiologie und -ökologie (Hrsg.): Gesunde Raumluft. Schadstoffe in Innenräumen – Prävention und Sanierung. Internationaler Kongress, Messezentrum-WienNeu, 12.-13.2.2004, IBO-Verlag, Wien, 183-186
- Friedmann H (2004b): Internet: http://www.univie.ac.at/Kernphysik/oenrap/j_mittel.gif vom 14.07.2004
- Gefahrstoffverordnung: Verordnung zum Schutz vor gefährlichen Stoffen vom 26. Oktober 1993 (BGBl I 1993, 1783 Neugefasst durch Bek. v. 15.11.1999 I 2233; 2000 I 739; zuletzt geändert durch Art. 2 V v. 29. 8.2003 I 1697) (Deutschland)

- Gehring U, Douwes J, Doekes G, Koch A, Bischof W, Fahlbusch B, Richter K, Wichmann HE, Heinrich J; INGA Study Group. Indoor Factors and Genetics in Asthma (2001): Beta(1,3)-glucan in house dust of German homes: housing characteristics, occupant behavior, and relations with endotoxins, allergens, and molds. *Environ. Health Perspect.* 109: 139-44
- Geruchsimmissions-Richtlinie (1999): GIRL, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen vom 13.5.1998 idgF vom 7.5.1999
- GEV-Einstufungskriterien und GEV-Prüfmethode der Gemeinschaft Emissionskontrollierte Verlegewerkstoffe e.V. (GEV), <http://www.emicode.de>
- GISCODES und Produktcodes: <http://www.gisbau.de>
- Goedkoop M, Spriensma R (2001): The Eco-indicator 99 – A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment, Methodolgy report, www.pre.nl
- Graulich K (2000): Integration von schadstoffbezogenen Bilanzierungen in die Ökobilanz von Wohngebäuden. Werkstattreihe Nr. 128 des Öko-Institutes e. V., Freiburg, <http://www.oeko.de/bereiche/produkte/documents/niedrigenergiehaus.pdf>
- Grenzwerteverordnung 2003 (GKV 2003): Verordnung des Bundesministers für Wirtschaft und Arbeit über Grenzwerte für Arbeitsstoffe und über krebserzeugende Arbeitsstoffe, BGBl. II Nr. 253/2001 i.d.F. BGBl. 184/2003
- Gross, Heinrich, Fahlbusch, Jäger, Bischof, Wichmann (2000): Indoor determinants of Der p 1 and Der f 1 concentrations in house dust are different. *Clinical & Experimental Allergy* Volume 30 March 2000 Issue 3: 376
- Gubler C (1990): Zur mykogenen Allergie: Pilzsporengelalt in der Luft von Zürich. Universität Zürich, Thesis, Zürich
- Guinée JB. (Ed.) (2002): Handbook on Life Cycle Assessment. Operational Guide to the ISO Standards, Springer
- GUT (2003): Kriterien, www.gut-ev.de
- Hansen BG, van Haelst AG, van Leeuwen K, van der Zandt P (1999): Priority Setting for Existing Chemicals : European Union Risk Ranking Method. *Environ Toxicol and Chem* 18/4: 772-779
- Hansen D, Volland G, Krause G, Zoeltzer D (2000): Determination and occurrence of phosphorous compounds (POC) in house dust and indoor air. *Otto Graf Journal* 11: 201-209.
- Heinrich J, Gehring U, Douwes J, Koch A, Fahlbusch B, Bischof W, Wichmann HE (2001): Pets and vermin are associated with high endotoxin levels in house dust. *Clinical & Experimental Allergy* 31, Issue 12: 1839-1845
- Heinrich J, Bolte G, Hölscher B, Douwes J, Lehmann I, Fahlbusch B, Bischof W, Weiss M, Borte M, Wichmann HE on behalf of the LISA study group (2002): Allergens and endotoxin on mothers' mattresses and total IgE in cord blood of neonates. *European Respiratory Journal* 20: 617-623
- Heudorf U, Angerer J (2000): Humanbiomonitoring auf PAK-Metaboliten im Urin von Kindern aus Wohnungen mit PAK-haltigem Parkettkleber. Ergebnisse aus der umweltmedizinischen Sprechstunde des Frankfurter Gesundheitsamtes. *Umweltmedizin in Forschung und Praxis* 5: 218-226

- Hirsch T (1999): Indoor allergen exposure in West and East Germany: a cause for different prevalences of asthma and atopy? *Rev. Environ. Health* 14: 159-168
- Horn W, Ullrich D, Seifert B (1998): VOC Emissions from Cork Products for Indoor Use. *Indoor Air* 1/988: 39-46
- Huber G, Wanner HU (1982): Raumluftqualität und minimale Lüftungsraten. *Ges Ing* 103: 207-210
- Huijbregts MAJ, Thissen U, Guinée JB, Jager T, Kalf D, Meent D van de, Ragas AMJ, Wegener Sleeswijk A, Reijnders L (2000): Priority Assessment of Toxic Substances in Life Cycle Assessment. Part I: Calculation of toxicity potentials for 181 substances with the nested multi-media fate, exposure and effect model USES-LCA. *Chemosphere* 41: 541-573
- Hutter HP, Moshhammer H, Wallner P, Damberger B, Tappler P, Kundi M (2002 a): Volatile organic compounds and formaldehyde in bedrooms: results of a survey in Vienna. Austria. *Proc. INDOOR AIR '02, 9th Internat. Conf. on Indoor Air Quality and Climate* 30 June - 05 July 2002, Monterey, USA, Vol. 2: 239-243
- Hutter HP, Moshhammer H, Kundi M, Wallner P, Neuberger M (2002 b): Moulds in housing: visual inspection and spore counts comparison – implications for future strategies in the public health setting. *Central European Journal of Public Health* 10(3): 93-96
- Hutter HP, Moshhammer H, Wallner P, Damberger B, Tappler P, Kundi M (2003): Health complaints after moving into a new office building: results of measurements and investigations of employees. *Healthy Buildings 2003: Proceedings of ISIAQ 7th International Conference, Singapore, 7.-11.12.2003*, 65-69
- HVBG und BIA (1999): Grenzwerteliste 1999 – Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit, Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften und Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit, BIA Report 7/99, Eigenverlag, Sankt Augustin
- IARC (International Agency for Research on Cancer) (1987, 1997): www.iarc.fr
- Immissionsschutzgesetz-Luft (2001): BGBl. I Nr. 115/1997, idFv 6. Juni 2001
- Industrieverband Klebstoffe e.V (2000): Leitfaden zur Prüfung des Einsatzes von Ersatzverfahren und Ersatzstoffen (Kap. 6 TRGS 440; § 16 GefStoffV) für Klebstoffe
- ISO DIS 16000-6.2 Indoor air-Part 6: Determination of volatile organic compounds in indoor and chamber air by active sampling on Tenax TA, thermal desorption and gaschromatography MSD/FID
- Jacob B, Schulz R, Zorn C, Lehmann I, Schötzau A, Heinrich J, Sierig G, Diez U, Bader A, Fahlbusch B, Weiß M, Jäger L, Herbarth O, Schaaf B, v. Berg A, Wichmann HE, Borte M (1999): LISA – Einfluß von Lebensbedingungen und Verhaltensweisen auf die Entwicklung von Immunsystem und Allergien im Ost-West-Vergleich. *Gesundheitswesen* 61 (1999) A100-A101
- Jensen B, Wolkoff P, Wilkins CK, Knudsen H (1993): Characterisation of linoleum, Part 1+2. *Proc. INDOOR AIR '93, 6th Internat. Conf. on Indoor Air Quality and Climate*, 4 - 8 July 1993, Helsinki, Finland, Vol. 2: 443-454
- Kasser U (2001): Bautox-Index BTI – Bewertung des ökotoxikologischen Potenzials von Baukonstruktionen. Machbarkeitsstudie im Auftrag des Hochbauamtes des Kantons Zürich, Amt für Hochbauten der Stadt Zürich, unveröffentlicht

- Keller R, Senkpiel K, Ohgke H (1998a): Geruch als Indikator für Schimmelpilzbelastungen in natürlich belüfteten Innenräumen – Nachweis mit analytischer MVOC-Messung. In: Gesundheitliche Gefahren durch biogene Luftschadstoffe, Schriftenreihe des Instituts für Medizinische Mikrobiologie und Hygiene der medizinischen Universität zu Lübeck, Heft 2: 161-170
- Keller D, Wahnschaffe U, Rosner G, Mangelsdorf I (1998b): Considering Human Toxicity as an Impact Category in Life Cycle Assessment. *Int. J. LCA* 3/2: 80-85
- Kerr G (1992): Chemical emissions during recarpeting of a canadian office building. In: Proc. 5th Internat. J. Cartier Conf., Montreal Canada, 147-156
- Kersten W, von Wahl PG (1989): Schimmelpilzallergie. *Allergologie* 12: 174-178
- Kersten W, Reich T (2003): Schwer flüchtige organische Umweltchemikalien in Hamburger Hausstäuben. *Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft* 63 (3): 85-91
- Klenø JG, Wolkoff P (2002): Eye Irritation from exposure to ppb-levels of limonene oxidation products. Proc. INDOOR AIR '02, 9th Internat. Conf. on Indoor Air Quality and Climate. 30 June - 05 July 2002, Monterey, USA, Vol. 2: 602-607
- Koch HM, Rossbach B, Drexler H, Angerer J (2003a): Internal exposure of the general population to DEHP and other phthalates – determination of secondary and primary phthalate monoester metabolites in urine. *Environ Res* 93:177-185
- Kociba R (1984): Evaluation of the carcinogenic and mutagenic potential of 2,3,7,8-TCDD and other chlorinated dioxins. *Banbury Rep.* 18: 73-84
- Kommission "Human-Biomonitoring" des Umweltbundesamtes (2003): Abschätzung der zusätzlichen Aufnahme von PCB in Innenräumen durch die Bestimmung der PCB-Konzentrationen in Plasma bzw. Vollblut. *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz* 46: 923-927
- König H (1986): *Unsichtbare Umwelt*. 5. Aufl. Eigenverlag, München
- Krämer U, Heinrich J, Wjst M, Wichmann HE (1999): Age of entry to day nursery and allergy in later childhood. *Lancet* 353: 450-454
- Krämer U, Koch T, Ranft U, Ring J, Behrendt H. (2000): Traffic-related air pollution is associated with atopy in children living in urban areas. *Epidemiology* 11:64-70
- Kraus K (2004): persönliche Mitteilung von Mag. Günther Kraus (Inst. für Mikrobiologie, BOKU)
- Krause C, Chutsch M, Henke M, Huber M, Kliem C, Leiske M, Mailahn W, Schulz C, Schwarz E, Seifert B, Ullrich D (1991): Messung und Analyse von Umweltbelastungsfaktoren in der Bundesrepublik Deutschland – Umwelt und Gesundheit. Band IIIc: Wohn-Innenraum: Raumluft. Berlin, Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Bundesgesundheitsamt, WaBoLu-Hefte 4/91
- Kreosotverordnung (Chem-VerbotsVO-Kreosot-CKW-CMR-Lampenöle): Verordnung des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie über weitere Verbote und Beschränkungen des Inverkehrsetzens und der Verwendung bestimmter gefährlicher Chemikalien und damit behandelte Fertigwaren, BGBl. II Nr. 461/1998 i.d.F. 258/2000
- Krogh H, Olsen S (2001): Miljøvurdering af kemiske stoffer i byggervarer, <http://www.mst.dk/default.asp?Sub=http://www.mst.dk/udgiv/publikationer/2001/87-7944-626-4/html/>

- Kundi M (2004): Health Effects from Phthalates: Epidemiological Evidence. *Ökobiotikum Suppl. 1*: 14-16
- Leech JA, Raizenne M, Gusdorf J (2004): Health in occupants of energy efficient new homes. *Indoor Air 14*: 169-173
- Lehmann I, Rehwagen M, Diez U, Seiffart A, Rolle-Kampczyk U, Richter M, Wetzig H, Borte M, Herbarth O (2001): Enhanced in vivo IgE production and T cell polarization to the type 2 phenotype in association with indoor exposure to VOC: results of the LARS study. *Int. J. Hyg. Env. Health 204*: 201-211
- Linsel G (2001): Bioaerosole – Entstehung und biologische Wirkungen. In: Tagungsband "Sicherer Umgang mit biologischen Arbeitsstoffen und Zytostatika", Braunschweig, 12.03.-13.03.2001
- Lipp B (2004): Innenraum und Gesundheit – Der Beitrag von Gebäudepässen zu einem gesunden Innenraum. In: Österr. Institut für Baubiologie und -ökologie (Hrsg.): *Gesunde Raumluf. Schadstoffe in Innenräumen – Prävention und Sanierung. Internationaler Kongress, MessezentrumWienNeu, 12.-13.2.2004, IBO-Verlag, Wien*
- Loidl D, Pagani A (1996): Untersuchungen zum Emissionsverhalten organischer, nicht textiler-Fußbodenbeläge. *Fortschrittsbericht Chemie und Kunststoffe, Österreichisches Kunststoffinstitut, Band 10*
- Lösungsmittelverordnung 1995: Verordnung des Bundesministers für Umwelt über Verbote und Beschränkungen von organischen Lösungsmitteln, BGBl.Nr. 872/1995
- Lukassowitz I (1990): Polychlorierte Biphenyle in der Innenraumluf. *Bundesgesundheitsblatt 33*: 492-499
- Lux W, Heinzow B, Ostendorp G (2001): Belastung der Raumluf provater Neubauten mit flüchtigen organischen Verbindungen. *Bundesgesundheitsblatt 44*: 619 – 624
- Manz A, Berger J, Waltsgott H (1982): Zur Frage des Berufskrebses bei Beschäftigten der Gasindustrie (Cohortenstudie). *Forschungsbericht Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung, Dortmund*
- Maroni M et al. (Hrsg.) (1995): *Indoor Air Quality. A comprehensive reference book*
- Merkblatt der AUVA Evaluierungsreihe: Chemische Arbeitsstoffe – Gefahren ermitteln und beseitigen, Allgemeine Unfallversicherungsanstalt
- Mersch-Sundermann V (2001a): Lindan. In: Böse-O-Reilly S, Kammerer S, Mersch-Sundermann V, Wilhelm M (Hrsg.): *Leitfaden Umweltmedizin, 2. Auflage. Urban und Fischer, München, Jena*
- Mersch-Sundermann V, Kevekordes S (2001b): Holzschutzmittel. In: Böse-O-Reilly S, Kammerer S, Mersch-Sundermann V, Wilhelm M (Hrsg.): *Leitfaden Umweltmedizin, 2. Auflage. Urban und Fischer, München, Jena*
- Mersch-Sundermann V, Kevekordes S (2001c): Pyrethroide. In: Böse-O-Reilly S, Kammerer S, Mersch-Sundermann V, Wilhelm M (Hrsg.): *Leitfaden Umweltmedizin, 2. Auflage. Urban und Fischer, München, Jena*
- Michel O, Kips J, Duchateau J, Vertongen F, Robert L, Collet H, et al. (1996): Severity of asthma is related to endotoxin house dust. *Am J Respir Crit Care Med 154*: 1646–51
- Mischek Ökopass: <http://www.mischek.at>

- Möhner M (2003): Risikobewertung aus arbeitsmedizinisch-epidemiologischer Sicht am Beispiel des Schneeberger Lungenkrebses. Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 46: 592-602
- Molhave L (1991): Volatile organic compounds, indoor air quality and health. Indoor Air 4: 357-376
- Moriske HJ (1998): Hygienische Bewertung von Außenluft- und Innenraumlftverunreinigungen. In: Moriske HF, Turowski E (Hrsg.): Handbuch für Bioklima und Lufthygiene, eco-med
- Mraz G, Gaisberger H, Gann M, Tappler P, Friedrich B (1999): Radioaktive Belastung von Innenräumen. In wettbewerbe 188/189: 26-32
- Müller-Limroth (1977), Gertis et al. (1979): zit. in Luftqualität in Innenräumen (1997) Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Schriftenreihe Umwelt Nr. 287
- natureplus Grenzwerte (NPG), <http://www.natureplus.at/web/main/>
- Neubert R, Golor G, Maskow L, Helge H, Neubert D (1994): Evaluation of possible effects of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin and other congeners on lymphocyte receptors in Callithrix jacchus and man. Exp. Clin. Immunogenet. 11: 119-27
- Nevalainen A, Willeke K, Liebhaber F, Pastuszka J (1993): Bioaerosol Sampling. In: Willeke K, Baron PA (ed.): Aerosol Measurement – Principles, Techniques, and Applications. Van Nostrand Reinhold, New York, 471-492
- Nordischer Schwan: Ecolabelling of adhesives, Version 3.0, <http://www.ecolabel.no>
- Oberfeld G, Eder W, Gamper A, Riedler J (1999): Die Beziehung zwischen selbstberichteten Symptomen von bronchialer Hyperreagibilität und Rhinokonjunktivitis und verschiedenen Risikofaktoren bei 12- bis 15-jährigen Schülern in Salzburg (ISAAC Studie 1995 und 1996). Atemw.-Lungenkrkh. 25: 339-342
- ÖBIG (1995): Luftverunreinigungen in Innenräumen. Im Auftrag des Bundesministeriums für Gesundheit, Sport und Konsumentenschutz, Österreichisches Bundesinstitut für Gesundheitswesen, Wien
- ÖKO-TEST 9/2002: Test Wollteppichböden, <http://www.oekotest.de/>
- ÖNORM ENV 13419-1, Bauprodukte, Bestimmung der Emission von flüchtigen organischen Verbindungen, Teil 1: Emissionsprüfkammer-Verfahren (November 1999)
- ÖNORM ENV 13419-2, Bauprodukte, Bestimmung der Emission von flüchtigen organischen Verbindungen, Teil 2: Emissionsprüfzellen-Verfahren (November 1999)
- ÖNORM ENV 13419-3, Bauprodukte, Bestimmung der Emission von flüchtigen organischen Verbindungen, Teil 3: Verfahren zur Probenahme, Lagerung der Proben und Vorbereitung der Pruefung (November 1999)
- ÖNORM M 5700 (2004): Messen von Innenraumlft-Verunreinigungen
- ÖNORM M 9450 (1993): Messung von Asbestfaserkonzentrationen in der Luft
- ÖNORM prEN 13779 (2000): Lüftung von Gebäuden – Leistungsanforderungen für raumlft-technische Anlagen
- ÖNORM S 5280-1 (1998): Radon – Messverfahren und deren Anwendungsgebiete
- ÖNORM S 5280-2 (2003): Radon – Technische Vorsorgemaßnahmen bei Gebäuden

- ÖNRAP (2001): Österreichisches Radonprojekt.
<http://www.univie.ac.at/Kernphysik/oenrap/welcome.htm>
- OÖ Landesregierung (2003): Innenraumsituation in OÖ. Pflichtschulen, Berufsschulen und Landwirtschaftlichen Fachschulen, Messprogramm in Oberösterreichs Schulen, Entwurf zum Endbericht
- Otto M, von Mühendahl KE (2003): Pyrethroide. Kinderumwelt GmbH, www.allum.de
- Owen MK, Ensor DS, Sparks LE (1992): Airborne particle sizes and sources found in indoor air. *Atmospheric Environment*, 26A, 2149-2162
- Panzhauser E et al. (1987): Formaldehydbelastung in österreichischen Wohnungen. *Archivum Oecologiae Hominis*
- Pardemann und Wensing (1999); Sagunski et al. (1997); Ingerowski et a. (2001) zitiert in: Salthammer, T. & Wensing, M.: Proceedings of the 9th international Conference on Indoor Air Quality and Climate. Monterey, California, 30.6 – 7.7 2002, 213 – 218
- PCB-Verordnung: Verordnung des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie über das Verbot von Pentachlorphenol, BGBl. Nr. 58/1991
- PCP-Richtlinie (1997): Richtlinie für die Bewertung und Sanierung Pentachlorphenol (PCP)-belasteter Baustoffe und Bauteile in Gebäuden. Deutsches Institut für Bautechnik. Mitteilungen DIBt. 1/1997
- Perez-Maldonado IN, Diaz-Barriga F, de la Fuente H, Gonzalez-Amaro R, Calderon J, Yanez L (2004): DDT induces apoptosis in human mononuclear cells in vitro and is associated with increased apoptosis in exposed children. *Environ Res* 94: 38-46
- Pettenkofer M von (1858): Über den Luftwechsel in Wohnungen. Cotta, München
- Pflaumbaum W (1998): Grenzwerte für Stoffe in der Luft am Arbeitsplatz. *Sichere Arbeit* 2: 20-25
- Plieninger P (1998): Ester und Ether mehrwertiger Alkohole in der Raumluft – Eine repräsentative Untersuchung in 200 Berliner Haushalten. In: Gebäudestandard 2000: Energie und Raumluftqualität, 4. AGÖF Fachkongress in Nürnberg, 220-224
- Pluschke P (1996): Luftschadstoffe in Innenräumen. Springer, Berlin
- Poland A, Glover E (1979): An estimate of the maximum in vivo covalent binding of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin to rat liver protein ribosomal RNA and DNA. *Cancer Res.* 39: 3341-3344
- Pott F, Heinrich U (1993): Staub und Staubinhaltsstoffe/Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH). In: Wichmann HE, Schlipkötter HW, Fülgraff G (Hrsg.): Handbuch der Umweltmedizin, Loseblatt-Sammlung, ecomed, Landsberg/Lech
- Produktsicherheitsbeirat BMFJK (1985): Empfehlung des Produktsicherheitsbeirats des Bundesministeriums für Familie, Jugend und Konsumentenschutz für Formaldehyd in Wohnräumen. Sitzungsprotokoll vom 4.3.1985
- Ranson C von, Belitz HD (1992): Untersuchungen zur Struktur-Aktivitätsbeziehung bei Geruchsstoffen, 2. Mitteilung: Wahrnehmungs- und Erkennungsschwellenwerte sowie Geruchsqualitäten gesättigter und ungesättigter aliphatischer Aldehyde. In: Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung 195: 515-522
- Rat von SV (1987): Luftverunreinigungen in Innenräumen. Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen, Sondergutachten Mai 1987, Verlag Kohlhammer Stuttgart, Mainz

- Recknagel W, Sprenger E, Schramek ER (1999): Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik. Herausgegeben von Ernst Rudolf Schramek, 69. Auflage, R. Oldenbourg Verlag, München, Wien
- Reilly T, Stevenson IC (1993): An investigation of the effects of negative air ions on responses to submaximal exercise at different times of day. *J. Hum. Ergol. (Tokyo)* 22: 1-9
- Reiss J (1986): Schimmelpilze, Lebensweise Nutzen Schaden Bekämpfung. Springer, Berlin, Heidelberg
- Richtlinie 67/548/EWG für die Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Stoffe ("Stoffrichtlinie")
- Richtlinie 89/106/EWG zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten über Bauprodukte ("Bauproduktenrichtlinie")
- Richtlinie 99/45/EG zur Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Zubereitungen ("Zubereitungsrichtlinie")
- Richtlinie UZ 01 des österreichischen Umweltzeichens für Lacke, Lasuren und Holzversiegelungslacke, 1. Januar 2003, <http://www.umweltzeichen.at>
- Richtlinie UZ 17 des österreichischen Umweltzeichens für Wandfarben, 1. Januar 2003, <http://www.umweltzeichen.at>
- Richtlinie zur Deklaration von Inhaltstoffen in Bautenlacken, Bautenfarben und verwandten Produkten "VdL-Richtlinie Bautenanstrichstoffe"; Verband der Lackindustrie e.V. Frankfurt am Main, April 2000, <http://www.lackindustrie.de>
- Rietschel H (1994): Raumklimattechnik. Band 1 Grundlagen, 16. Auflage, Hrsg.: Esdorn H, Springer, Berlin
- Rohr AC, Weschler CJ, Koutrakis P, Spengler JD (2003): Generation and and quantification of ultrafine particles through terpene/ozone reaction in a chamber setting. *Aerosol Science and Technology* 37: 65-78
- Rohregger G (2004): Belüftung in Schlafräumen – CO₂ und Luftqualität. In: Österr. Institut für Baubiologie und -ökologie (Hrsg.): Gesunde Raumluft. Schadstoffe in Innenräumen – Prävention und Sanierung. Internationaler Kongress, MessezentrumWienNeu, 12.-13.2.2004, IBO-Verlag, Wien, 89-95
- Römpf (1995): Chemie Lexikon (CD-ROM). Georg Thieme Verlag, Stuttgart/New York
- Roskamp E (1992): Polychlorierte Biphenyle in der Innenraumluft – Sachstand. *Bundesgesundheitsblatt* 9: 434
- Rothweiler H, Wager P, Schlatter C (1990): Volatile organic compounds and very volatile organic compounds in new and freshly renovated buildings. In: INDOOR AIR '90 - Proc. 5th Internat. Conf. on Indoor Air Quality and Climate, Toronto Canada, Vol. 2, 747-752
- Rühl R, Kluger N (1999): Handbuch Bau-Chemikalien. Ecomed Verlagsgesellschaft
- Ruth JH (1986): Odor Thresholds and Irritation Levels of Several Chemical Substances: A Review. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 47: A142-151
- Rylander R, Fogelmark B (1997): (1,3)- β -D-Glucan in Some Indoor Air Fungi. *Indoor Built Environ.* 6: 291-294

- Rylander R (1998): Microbial Cell Wall Constituents in Indoor Air and their Relation to Disease. *Indoor Air* 4: 59-65
- Sagunski H (1996a): Richtwerte für die Innenraumluft: Toluol. *Bundesgesundheitsblatt* 39: 11
- Sagunski H (1996b): Komplexe Umwelteinwirkungen Teil 7: Kleingewerbe und industrielle Anlagen. In: Beyer A, Eis D (Hrsg.): *Praktische Umweltmedizin, Sektion 09: Umweltbelastungen und ihre Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit*, Springer, Berlin
- Sagunski H (1998): Richtwerte für die Innenraumluft: Styrol. *Bundesgesundheitsblatt* 41 (9): 392-398
- Sagunski H, Roskamp E (2002): Richtwerte für die Innenraumluft: Tris(2-chlorethyl)phosphat. *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz* 45: 300-306
- Sagunski H, Heinzow B (2003): Richtwerte für die Innenraumluft: Bicyclische Terpene. *Bundesgesundheitsblatt* 46 (4): 346-352
- Sagunski H (2004): Umgang mit innenraumbezogenen Beschwerden (Schwerpunkt Geruchswahrnehmungen). In: *Österr. Institut für Baubiologie und -ökologie (Hrsg.): Gesunde Raumluft. Schadstoffe in Innenräumen – Prävention und Sanierung. Internationaler Kongress, Messezentrum Wien Neu, 12.-13.2.2004, IBO-Verlag, Wien, 129-134*
- Sagunski H, Heger W (2004): Richtwerte für die Innenraumluft: Naphthalin. *Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz* 47/2004 im Druck, Richtwert aus <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/irk.htm#3>
- Salthammer T, Fuhrmann F (1996): Emission of Monoterpenes from wooden furniture. *Proc. INDOOR AIR '96, 7th Internat. Conf. on Indoor Air Quality and Climate, Nagoja, Japan, Vol. 3: 607-612*
- Salthammer T, Bednarek M, Fuhrmann F (1999): Effect of climatic parameters on the release of VOC from UV-cured furniture coatings. *Proc. INDOOR AIR '99, 8th Internat. Conf. on Indoor Air Quality and Climate. Edinburgh, Scotland, Vol. 5: 99-104*
- Salthammer T (2000): Verunreinigung der Innenraumluft durch reaktive Substanzen – Nachweis und Bedeutung von Sekundärprodukten. Teil III-6.4.2 des Handbuch für Bioklimatologie und Lufthygiene, 4. Erg.Lfg. 12/2000
- Salzburger Bautechnikgesetz: Gesetz vom 7. Juli 1976 über die technischen Bauvorschriften im Lande Salzburg (Bautechnikgesetz – BauTG), LGBl. Nr. 75/1976 i.d.F. 40/2003
- Saracci R, Kogevinas M, Bertazzi PA, Buene de Mesquita BH, Coggon D, Green LM, Kaupinen T, L'Abbe KA, Littorin M, Lynge E, Mathews JD, Neuberger M, Osman J, Pearce N, Winkelmann R (1991): Cancer mortality in workers exposed to chlorophenoxy herbicides and chlorophenols. *Lancet* 338: 1027-1032
- SARAH (1998): Forschungsprojekt Sanierung radonbelasteter Häuser. Endbericht, Gefördert vom BMWA, Projekt Nr. F1375
- Schechter A, Pavuk M, Papke O, Ryan JJ, Birnbaum L, Rosen R (2003): Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in U.S. mothers' milk. *Environ Health Perspect* 111: 1723-1729
- Schleibinger H, Hott U, Marchl D, Braun P, Plieninger P, Rüdén H (2001): VOC-Konzentrationen in Innenräumen des Großraums Berlin im Zeitraum von 1988 bis 1999, *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft* 61: 26-38

- Schleibinger H, Hott U, Marchl D, Plieninger P, Braun P, Rüden H (2002): Ziel- und Richtwerte zur Bewertung der VOC-Konzentrationen in der Innenraumluft – ein Diskussionsbeitrag, *Umweltmedizin in Forschung und Praxis* 7(3): 139-147
- Schleibinger H, Marchl D, Laußmann D, Braun P, Brattig C, Mangler M, Eis D, Nickelmann A, Rüden H (2004): MVOC – zum Nachweis von Schimmel ungeeignet? In: *Umwelt, Gebäude und Gesundheit. Innenraumhygiene, Raumluftqualität und Energieeinsparung*, 7. AGÖF Fachkongress, München 4.-5.3.2004: 104-111
- Schmidt S (2004): Checkliste der Empfehlungen zur Hausstaubmilbensenkung. Kinderumwelt gmbH, www.allum.de. 10.02.2004
- Schneider J, Rödelsperger K, Woitowitz HJ (2003): Staub und Staubinhaltsstoffe/Asbest. In: Wichmann HE., Schlipkötter HW, Fülgraff G (Hrsg.): *Handbuch der Umweltmedizin*, 26. Erg.-Lfg. 4/03, ecomed, Landsberg/Lech
- Schneiders T (1994): Zur hygienischen Luftqualität in Wohngebäuden bei der Konditionierung der Zuluft mittels Erdwärmetauscher. Technische Hochschule Aachen
- Scholz H (1998): Vorkommen ausgewählter VOC in Innenräumen und deren Bewertung. In: *Gebäudestandard 2000 : Energie und Raumluftqualität*, 4. AGÖF Fachkongress in Nürnberg, 205-214
- Schriever E, Marutzky R (1991): Geruchs- und Schadstoffbelastung durch Baustoffe in Innenräumen – Eine Literaturstudie. WKI-Bericht Nr. 24, Braunschweig
- Sedlbauer K (2001): Vorhersage von Schimmelpilzbildung auf und in Bauteilen. Dissertation Universität Stuttgart
- Seifert B et al. (1989): Seasonal variation of concentrations of volatile organic compounds in selected German homes, *Environ. Internat.* 15: 397-408
- Seifert B (1990a): Flüchtige Organische Verbindungen in der Innenraumluft, *Bundesgesundheitsblatt* 33(3): 111-115
- Seifert B (1990b): Regulating Indoor Air. Proc. INDOOR AIR '90, 5th Internat. Conf. on Indoor Air Quality and Climate, 29 July - 3 August 1990, Toronto, Canada, Vol 5: 35-50
- Seifert B (1999): Richtwerte für die Innenraumluft – Die Beurteilung der Innenraumluftqualität mit Hilfe der Summe der flüchtigen organischen Verbindungen (TVOC-Wert). *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsschutz – Gesundheitsforschung* 42: 270-278
- Seppänen OA, Fisk WJ, Mendell MJ (1999): Association of ventilation rates and CO₂ concentrations with health and other responses in commercial and institutional buildings. *Indoor Air* 9: 226-252
- Smola T, Kessler E (2000): Das Spaltenmodell – Eine Hilfestellung bei der Gefahrenermittlung und Ersatzstoffprüfung. *Sicherheitsingenieur* 3 (Sonderdruck), Dr. Curt Haefner-Verlag GmbH
- SNV 195651: Geruchsentwicklungen von Ausrüstungen (Sinnesprüfung)
- Sollinger S, Levsen K (1992): Methoden zur Charakterisierung der Emissionen aus textilen Bodenbelägen. In: *Schadstoffbelastung in Innenräumen*, Tagung der Ges. deutscher Chemiker und der Komm. Reinhaltung der Luft im VDI
- SSK (1994): Empfehlungen der österreichischen Strahlenschutzkommission betreffend Richtwerte für die Radonkonzentration in Innenräumen. In: *Radon in Österreich 1993*;

- Forschungsberichte des Bundesministeriums für Gesundheit, Sport und Konsumentenschutz, Sektion III, Wien
- Studnicka M, Hackl E, Pischinger J, Fangmeyer C, Haschke N, Kuhr J, Urbanek R, Neumann M, Frischer T (1997): Traffic-related NO₂ and the prevalence of asthma and respiratory symptoms in seven year olds. *Eur Respir J*.10: 2275-2278
- Tappler P, Gann M (1992): Formaldehydbelastung in österreichischen Innenräumen in Zeitraum 1990-1992. In: Tagungsband der 12. Jahrestagung des IBO "Sick Building Syndrom"
- Tappler P, Boos R, Fiala F (1994): Emissions of volatile organic compounds from textile floor coverings. In: *Healthy Buildings '94, Proc. 3th Internat. Conf. of Healthy Buildings, Budapest 1994, Vol. 1: 237-242*
- Tappler P, Sulzner M, Scheidl K, Damberger B, Burtscher I (1997): Formaldehyd und Luftwechsel in österreichischen Fertigteilhäusern. IBO Eigenverlag
- Tappler P (2004a): Ist Natur gesund? Mögliche Raumlufthprobleme durch Naturstoffe. In: Österr. Institut für Baubiologie und -ökologie (Hrsg.): *Gesunde Raumlufth. Schadstoffe in Innenräumen – Prävention und Sanierung. Internationaler Kongress, Messezentrum-WienNeu, 12.-13.2.2004, IBO-Verlag, Wien, 209-216*
- Tappler P (2004b): persönliche Mitteilung
- Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) 440 (2001): Ermitteln von Gefahrstoffen und Methoden zur Ersatzstoffprüfung (Ermittlungspflichten), März 2001
- Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) 610 (1998): Ersatzstoffe und Ersatzverfahren für stark lösemittelhaltige Vorstriche und Klebstoffe für den Bodenbereich, März 1998
- Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) 613 (2002): Ersatzstoffe, Ersatzverfahren und Verwendungsbeschränkungen für chromathaltige Zemente und chromathaltige zementhaltige Zubereitungen
- Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) 617 (1993): Ersatzstoffe und Ersatzverfahren für stark lösemittelhaltige Oberflächenbehandlungsmittel für Parkett und andere Holzfußböden
- Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) 900 (2000): Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz (Luftgrenzwerte)
- Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) 905 (2001): Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe
- Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) 907 (2002): Verzeichnis sensibilisierender Stoffe
- The Building Information Foundation (Rakennustietosäätiö RTS) (2002): *Emission Classification of Building Materials: Protocol for Chemical and Sensory Testing of Building Materials*, www.rts.fi
- Tiroler Technische Bauvorschriften: Verordnung der Landesregierung vom 29. September 1998 über die bautechnischen Erfordernisse für bauliche Anlagen (Technische Bauvorschriften 1998), LGBl. Nr. 89/1998
- UBA (1994): Zur Problematik künstlicher Mineralfasern. Deutsches Umweltbundesamt, GBW 52/1994

- UBA (1995): Biologische Innenraumluftverunreinigungen. Bekanntmachung der Kommission Innenraumluftthygiene des Umweltbundesamtes, Bundesgesundhbl. 7/95: 284-287
- UBA (1998): Umwelt Survey 1998.
<http://www.umweltbundesamt.de/survey/us98/biozide.htm>, Zugriff im November 2004
- UBA (2002): Leitfaden zur Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen. Erstellt durch die Innenraumluftthygienekommission des Umweltbundesamtes, UBA Berlin 2002
- UFZ (2003): Renovieren in der Schwangerschaft – ein Gesundheitsrisiko für das Kind. UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle, www.ufz.de – Presse – Pressemitteilungen 2003 – 13.01.2003
- Universität zu Lübeck (2003): www.uni-luebeck.de – Pressemitteilungen – Archiv 2003 – 11.03.2003
- Van Haelst AG, Hansen BG (2000): Priority Setting for Existing Chemicals: Automated Data Selection Routine. Environ Toxicol and Chem 19/9: 2372-2377
- VDI 4300 Bl. 1 (1995): Messen von Innenraumluftverunreinigungen – Allgemeine Aspekte der Meßstrategie, Dezember 1995. VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft Band 5
- VDI 4300 Bl. 2 (1997): Messen von Innenraumluftverunreinigungen – Meßstrategie für polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH), polychlorierte Dibenzo-p-dioxine (PCDD), polychlorierte Dibenzofurane (PCDF) und polychlorierte Biphenyle (PCB). Dezember 1997, VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft Band 5
- VDI 4300 Bl. 3 (1997): Messen von Innenraumluftverunreinigungen – Meßstrategie für Formaldehyd. Dezember 1997, VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft Band 5
- VDI 4300 Bl. 4 (1997): Messen von Innenraumluftverunreinigungen – Meßstrategie für Pentachlorphenol (PCP) und Hexachlorcyclohexan (Lindan) in der Innenraumluft. August 1997, VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft Band 5
- VDI 4300 Bl. 6 (2000): Messen von Innenraumluftverunreinigungen – Messstrategie für flüchtige organische Verbindungen (VOC). Dezember 2000, VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft Band 5
- VDI 4300 Bl. 7 (2001): Messen von Innenraumluftverunreinigungen – Bestimmung der Luftwechselzahl in Innenräumen, Juli 2001, VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft Band 5
- VDI 4300 Bl. 8 (2001): Messen von Innenraumluftverunreinigungen – Probenahme von Hausstaub. Juni 2001, VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft Band 5
- VDI 4300 Bl. 9 (2003): Messen von Innenraumluftverunreinigungen – Messstrategie für Kohlendioxid, Mai 2003, VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft Band 5
- VDI 4301 Bl. 2 (2001): Messen von Innenraumluftverunreinigungen – Messen von Pentachlorphenol (PCP) und Hexachlorcyclohexan (Lindan) – GC/MS-Verfahren. Juni 2001, VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft Band 5
- VdL-RL 03 (1997): Richtlinie zur Bestimmung der Formaldehydkonzentration in wasserlöslichen Dispersionsfarben und verwandten Produkten ("VdLRichtlinie Formaldehydbestimmung"), Ausgabe Mai 1997, Verband der deutschen Lackindustrie, Karlstraße 21, D-60239 Frankfurt/Main

- Verordnung über ein Verbot von 1,1,1-Trichlorethan und Tetrachlorkohlenstoff, BGBl. Nr. 776/1992, idF BGBl. II Nr. 258/2000
- Verordnung: Verbot von halogenierten Biphenylen, Terphenylen, Naphthalinen und Diphenylmethanen, BGBl. Nr. 210/1993
- VOCBASE (1996): Odor thresholds, mucous membrane irritation thresholds and physico-chemical parameters of volatile organic compounds. Nat. Inst. Occup. Health, Denmark, Datenträger
- Von Mutius E, Martinez FD, Fritzsche C, Nicolai T, Reitmeir P, Thiemann H (1994): Skin test reactivity and number of siblings. *Brit. Med. J.* 308: 692-695
- Vorarlberger Bautechnikverordnung: Verordnung der Vorarlberger Landesregierung über die technischen Erfordernisse von Bauwerken, LGBl. Nr. 44/1986 i.d.F. 13/2003
- Wallace LA, Pellizari E et al. (1986): Total exposure assessment methodology (TEAM) study: Personal exposure, indoor-outdoor relationships, and breath levels of volatile organic compounds in New Jersey. *Environment International* 12 : 369-387
- Wang TC (1975): A study of bioeffluents in a college classroom. *ASHRAE Transactions* 81: 32-44.
- Wantke F, Demmer CM, Tappler P, Götz M, Jarisch R (1996): Exposure to gaseous formaldehyde induces IgE-mediated sensitization to formaldehyde in school-children. *Clin. and Exp. Allergy* 26: 276-280
- Wantke F, Focke M, Hemmer W, Bracun R, Wolf-Abdolvahab S, Tschabitscher M, Gann M, Tappler P, Götz M, Jarisch R (2000): Formaldehyde and phenol exposure during an anatomy dissection course: sensitizing potency of formaldehyde in medical students. *Allergy* 55: 84-87
- Wargocki P, Wyon DP, Sundell J, Clausen G, Fanger PO (2000): The Effects of Outdoor Air Supply Rate in an Office on Perceived Air Quality, Sick Building Syndrome (SBS) Symptoms and Productivity. *Indoor Air* 10: 222-236
- Weiss N et al. (1998): Gesamtbewertung von Innenraumluftbelastungen flüchtiger organischer Verbindungen mittels des TVOC-Konzeptes. In: *Ökologisches Bauen und Sanieren*, Hrgs.: Diel, Feist, Krieg & Linden, C. F. Müller Verlag
- Weschler CJ and Shields HC (1999): Indoor ozone/terpene reactions as a source of indoor particles. *Atmos. Environ.* 33 (15): 2301-2312
- WHO (1983): Indoor air pollutants: exposure and health effects. EURO Reports and Studies No. 78. World Health Organisation, Regional Office for Europe, Copenhagen
- WHO (1989): Indoor Air Quality: organic pollutants. Euro Reports and Studies No. 111. World Health Organisation, Regional Office for Europe, Copenhagen
- WHO (1993): Environmental Health Criteria 140. Polychlorinated Biphenyls and Terphenyls. Geneva
- WHO (2000a): Air Quality Guidelines for Europe. Second Edition. WHO Regional Publications, European Series, No. 91, World Health Organisation (WHO), Regional Office for Europe, Copenhagen, <http://w3.whosea.org/techinfo/air.htm>
- WHO (2000b): Flame Retardants: Tris(2-butoxyethyl) Phosphate, Tris(2-ethylhexyl) Phosphate and Tetrakis(hydroxymethyl)Phosphonium Salts. Environmental Health Criteria 218, WHO Geneva

- Wichmann H-E, Wahn U (2004): Allergische Atemwegserkrankungen. In: Wichmann HE, Schlipkötter HW, Fülgraff G (Hrsg.): Handbuch der Umweltmedizin, 28. Erg.-Lfg. 4/04, ecomed, Landsberg/Lech
- Wickens K, Douwes J, Siebers R, Fitzharris P, Wouters I, Doekes G, Mason K, Hearfield M, Cunningham M, Crane J (2003): Determinants of endotoxin levels in carpets in New Zealand homes. *Indoor Air* 13 Vol. 2: 128-135
- Wiener Bauordnung: Wiener Stadtentwicklungs-, Stadtplanungs- und Baugesetzbuch (Bauordnung für Wien – BO für Wien), LGBl. Nr. 11/1930 i.d.F. 10/2003
- Wilke et al. (2003): Untersuchung und Ermittlung emissionsarmer Klebstoffe und Bodenbeläge. Bundesanstalt für Materialforschung und Prüfung (BAM) Texte 27-03, ISSN 0722-186X
- Witten J, Sagunski H, Wildeboer B (1997): Richtwerte für die Innenraumlufte: Dichlormethan. *Bundesgesundheitsblatt* 40: 278-284
- Witthauer J, Horn H, Bischof W (1993): Raumluftequalität – Belastung, Bewertung, Beeinflussung. Verlag C.F. Müller, Karlsruhe
- Witthauer J, Schwab R, Herzog V, Bischof W (1999): Chemical Contaminants in Office Air – Results from a Study in 14 German Office Buildings. Proc. INDOOR AIR '99, 8th Internat. Conf. on Indoor Air Quality and Climate, Edinburgh, Scotland
- Wittsiepe J, Wilhelm M (2001): Dioxine und Furane (PCDD/F). In: Böse-O-Reilly S, Kammerer S, Mersch-Sundermann V, Wilhelm M (Hrsg.): Leitfaden Umweltmedizin, 2. Auflage. Urban und Fischer, München, Jena
- Wolkoff (1996): An emission cell for measurement of volatile organic compounds emitted from building materials for indoor use – the field and laboratory emission cell FLEC. *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft* 56: 151-157
- Wolkoff P, Clausen PA, Jensen B, Nielsen GD, Wilkins CK (1997): Are we measuring the relevant indoor pollutants? *Indoor Air* 2/97, Vol. 7: 92-106
- Wolkoff P, Clausen PA, Wilkins CK, Hougaard KS, Larsen ST, Nielsen GD (1999): Formation of strong airway irritants in terpene/ ozone mixtures. Proc INDOOR AIR '99, 8th Internat. Conf. on Indoor Air Quality and Climate, Edinburgh, Scotland, Vol. 4: 495-500
- Wolkoff P (2004): Are we measuring the right indoor things? In: Österr. Institut für Baubiologie und -ökologie (Hrsg.): *Gesunde Raumlufte. Schadstoffe in Innenräumen – Prävention und Sanierung*. Internationaler Kongress, Messezentrum Wien Neu, 12.-13.2.2004, IBO-Verlag, Wien, 31-36
- Woodfield M, Hall D (1994): Odour measurement and control – an update. AEA Technology, Nat. Environmental Technology Centre
- Zimmermann G, Schlatter C (1995): Organische Verbindungen/Polychlorierte Biphenyle. In: Wichmann HE, Schlipkötter HW, Fülgraff G (Hrsg.): Handbuch der Umweltmedizin, Landsberg/Lech
- Zober A, Messerer P, Huber P (1990): Thirty-four-year mortality follow-up of BASF employees exposed to 2,3,7,8-TCDD after the 1953 accident. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 62:139-157

SIBAT

Vorsorgende Sicherstellung der Innenraumluftqualität von Gebäuden – Anwendung von Toxizitätskriterien in der Materialbewertung

Anhang

A1 GESETZLICHE REGELUNGEN VON BAUPRODUKTEN⁴⁷

A1.1 ALLGEMEINES

Im Baurecht findet man auf 3 Ebenen Regelungen, die Bauprodukte betreffen:

- auf Ebene der EU: die Bauproduktenrichtlinie (BPR): Richtlinie 89/106/EWG vom 21.10.1988 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedsstaaten über Bauprodukte,
- auf nationaler Ebene: das Bauproduktegesetz (BauPG): Bundesgesetz über das Inverkehrbringen von Bauprodukten und den freien Warenverkehr mit diesen, BGBl. I Nr. 55/1997,
- auf Ebene der Bundesländer: die Bauordnungen und die Bautechnik-Verordnungen.

Vorweg kann festgestellt werden, dass die genannten gesetzlichen Regelungen selbst keine detaillierten Kriterien bzw. Anweisungen zur Bewertung der gesundheitlichen und hygienischen Eigenschaften von Bauprodukten bereitstellen, sondern diese nur in allgemeine Formulierungen ("...darf die Gesundheit der Bewohner und der Anwohner insbesondere nicht durch Freisetzung giftiger Gase, Vorhandensein gefährlicher Teilchen oder Gase in der Luft gefährden...") beschreiben. Allerdings wirken sich Regelungen des (österreichischen) Chemikalienrechts aufgrund von Beschränkungen und Verboten direkt auf die Zusammensetzung von Bauprodukten aus, insbesondere wenn es sich dabei um Zubereitungen und Fertigwaren wie etwa Farben, Lacke oder Kleber handelt.

Darüber hinaus wurden in den entsprechenden Verordnungen des Chemikaliengesetzes bestimmte stoffbezogene Verordnungen erlassen (Stoffverbote bzw. Stoffbegrenzungen).

A1.2 BAUPRODUKTENRICHTLINIE 89/106/EWG (BPR)

Bauprodukte sind Baustoffe, Bauteile und Anlagen, die hergestellt werden, um dauerhaft in bauliche Anlagen des Hoch- und Tiefbaus eingebaut zu werden. Dazu zählen auch vorgefertigte Anlagen wie Fertighäuser, Fertigaragen, Silos und Produkte der Haustechnik. Mindestanforderungen an Bauwerke des Hoch- und Tiefbaus in Bezug auf mechanische Standfestigkeit, Brandschutz, Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz, Nutzungssicherheit, Schallschutz, Energieeinsparung und Wärmeschutz werden in der Richtlinie über Bauprodukte RL 89/106/EWG und dieser zugeordneten Grundlagendokumenten festgelegt. Entsprechend der Richtlinie darf ein Bauprodukt nur in Verkehr gebracht werden, wenn es "brauchbar", d.h. gebrauchstauglich ist. Die Richtlinie regelt die zur Erfüllung dieser Anforderungen notwendigen Voraussetzungen und Bedingungen für Bauprodukte, die Verfahrensregeln zum Nachweis der Brauchbarkeit der Produkte und die technischen Regeln. Im Anhang der Bauproduktenrichtlinie werden wesentliche Anforderungen an die Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz formuliert: Das Bauwerk muss derart entworfen und ausgeführt sein, dass die Hygiene und die Gesundheit der BewohnerInnen und der AnwohnerInnen insbesondere

⁴⁷ Der Text folgt weitgehend der "Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft" (BMLFUW 2004b), Richtlinienenteil "Allgemeiner Teil".

durch folgende Einwirkungen nicht gefährdet werden: 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 flüssigen Abfall, Feuchtigkeitsansammlungen in Bauteilen und auf Oberflächen von Bauteilen in Innenräumen. Die Konformität von Bauprodukten mit diesen Anforderungen wird über harmonisierte europäische Normen (EN) oder durch technische Zulassungsverfahren (European Technical Approvals – ETA) und durch die CE Kennzeichnung belegt.

Auch bei den Erwägungsgründen wird festgestellt, dass die Vorschriften der Mitgliedsstaaten nicht nur Anforderungen hinsichtlich der baulichen Sicherheit, sondern auch bezüglich Gesundheit, Dauerhaftigkeit, Energieeinsparung, Umweltschutz, Aspekte der Wirtschaftlichkeit und anderer Belange des öffentlichen Interesses enthalten. Alle Länder haben untereinander 1992 zur Umsetzung der Bauproduktenrichtlinie eine Vereinbarung gemäß Artikel 15a B-VG geschlossen, welche das in Verkehr bringen und die Verwendung von Bauprodukten regelt.

A1.3 BAUPRODUKTEGESETZ

Im Bauproduktegesetz (BGBl. I Nr. 55/1997) ist laut § 5 ein Bauprodukt unter anderem dann brauchbar, "wenn es die wesentlichen Anforderungen der Hygiene, Gesundheit und des Umweltschutzes" erfüllt. Die Brauchbarkeit eines Bauproduktes für den vorgesehenen Verwendungszweck wird angenommen, wenn es die CE-Kennzeichnung trägt, welche die Übereinstimmung des Produkts mit den technischen Spezifikationen ausweist. Der § 4 Abs. 2 weist darauf hin, dass "Rechtsvorschriften, die das Inverkehrbringen von Bauprodukten aus Gründen des Gesundheitsschutzes, des Arbeitsschutzes oder des Umweltschutzes weitergehend einschränken oder verbieten" unberührt bleiben.

A1.4 LÄNDERGESETZE

Auch in den Ländergesetzen sind Bestimmungen bezüglich der Gefährdung des Lebens und der menschlichen Gesundheit enthalten. Besonders fällt der § 4 der Vorarlberger Bautechnik-Verordnung auf, welcher bestimmt, dass Bauteile nicht aus Baustoffen hergestellt sein dürfen, die gesundheitsschädigende Auswirkungen hervorrufen können, sie müssen erforderlichenfalls gegen Feuchtigkeit und schädigende Einwirkungen geschützt sein. Im § 97 der Wiener Bauordnung wird u.a. ein Bauprodukt dann als brauchbar bezeichnet, wenn es den geltenden Anforderungen an "die Hygiene, die Gesundheit und den Umweltschutz..." entspricht. Gemäß Salzburger Bautechnikgesetz (§ 1) muss ebenfalls u.a. den Anforderungen an die "Gesundheit von Menschen, der Hygiene, des Umweltschutzes und der Energieersparnis" entsprochen werden. Auch im Steiermärkischen Baugesetz (§ 15) wird neben Wärme- und Schallschutz, Sicherheit, Festigkeit und Brandschutz, auch auf die Hygiene hingewiesen. In den §§ 1 und 2 der Tiroler Technischen Bauvorschriften 1998 wird auch auf die Erfordernisse der Hygiene, der Gesundheit und des Umweltschutzes sowie der Nutzungssicherheit verwiesen. In den anderen landesgesetzlichen Bestimmungen finden sich ähnliche Formulierungen.

A1.5 CHEMIKALIENRECHT UND BAUPRODUKTE

A1.5.1 Einstufung und Kennzeichnung von Bauprodukten

Bauprodukte sind, sofern es sich um Zubereitungen handelt, die gefährliche Stoffe enthalten, nach den Richtlinien 67/548/EWG (Gefährliche Stoffe) bzw. 99/45/EG (gefährliche Zubereitungen) mit Gefahrensymbolen, Gefahrenhinweisen (R-Sätzen) sowie Sicherheitshinweisen (S-Sätzen) zu kennzeichnen. Unter "Zubereitungen" werden dabei Gemenge, Gemische und Lösungen verstanden, die aus zwei oder mehreren Stoffen bestehen. Als Zubereitungen "gelten auch Fertigwaren, wenn die Freisetzung oder Entnahme der in ihnen enthaltenen Stoffe oder Zubereitungen Voraussetzung für die bestimmungsgemäße Verwendung" ist (ChemG 1996, Begriffsbestimmungen). Fertigwaren wiederum "sind zur Verwendung als solche bestimmte Erzeugnisse". Aus diesen Begriffsbestimmungen leiten sich auch die Gültigkeitsbereiche der Regelungen ab. Demnach sind Farben, Klebstoffe oder Fugenmassen von den Kennzeichnungserfordernissen grundsätzlich betroffen. Nicht betroffen sind dagegen Fußbodenbeläge oder Bauplatten, auch wenn sie gefährliche Stoffe enthalten, welche nach und nach freigesetzt werden können. Da die Freisetzung solcher Stoffe nicht "bestimmungsgemäß" ist, werden sie nicht über eine Kennzeichnung erfasst.

Zusätzlich gelten für die Einstufung von Zubereitungen Konzentrationsgrenzen für die Berücksichtigung von Stoffen. Sehr giftige und giftige Stoffe sowie Stoffe, die krebserzeugend, erbgutverändernd oder fortpflanzungsgefährdend sind (CMR Stoffe der Kategorie 1 & 2) bleiben unterhalb von 0,1 Gew% unberücksichtigt. Für gesundheitsschädliche, ätzende, reizende oder CMR Stoffe der Kategorie 3 beträgt die Grenze 1 Gew%.

Zur chemischen Charakterisierung des Produktes sind die die Gesundheit gefährdenden Bestandteile/Inhaltstoffe im Sicherheitsdatenblatt anzuführen, sodass vom Abnehmer diese Eigenschaften der Bestandteile erkannt werden können. Sicherheitsdatenblätter sind verpflichtend bei berufsgemäßen Abnehmern, nicht aber für im Einzelhandel vertriebene Produkte.

A1.5.2 Österreichisches Chemikalienrecht und Bauprodukte

Zur Erreichung des Zieles des Chemikaliengesetzes 1996 (BGBl. I Nr. 53/1997 i.d.F. BGBl. I Nr. 98/2004), nämlich "des vorsorgenden Schutzes des Lebens und der Gesundheit des Menschen und der Umwelt vor unmittelbar oder mittelbar schädlichen Einwirkungen, die durch das Herstellen und Inverkehrsetzen, den Erwerb, das Verwenden oder die Abfallbehandlung von Stoffen, Zubereitungen oder Fertigwaren entstehen können", wurden einige stoffbezogene Verordnungen erlassen.

Da produktbezogene Regelungen gegebenenfalls binnenmarktbeeinträchtigend sein können, sind einheitliche EU-weite Regelungen sinnvoll. Die meisten chemikalienrechtlichen Maßnahmen in Österreich dienen der Umsetzung der einschlägigen gemeinschaftsrechtlichen Vorschriften.

Aufgrund der in untenstehender Tabelle angeführten Verordnungen des österreichischen Chemikalienrechtes werden eine Reihe von als "Innenraumschadstoffe" bekannte Stoffe von deren Einsatz (Herstellung und Inverkehrbringen) in verschiedenen Bauprodukten entweder ausgeschlossen bzw. auf (zum Teil sehr geringe) Gehalte beschränkt. Dazu zählen Asbest, Pentachlorphenol oder Cadmium. Beschränkungen gelten für organische, aromatische und halogenierte Lösungsmittel (Benzol, chlorierte Kohlenwasserstoffe). Das Verbot von CMR

Stoffen Kat. 1 und 2 entsprechend der Chemikalienverbotsverordnung ist auf Produkte für Letztverbraucher ausgerichtet und nimmt gewerbliche Verbraucher aus.

Tab. A.1: Verordnungen nach dem Chemikaliengesetz, die Stoffverbote bzw. Stoffbegrenzungen enthalten

Verordnung (BGBl. Nr.)	Hauptsächlich betroffene Bauprodukte und Regelungen
Formaldehydverordnung – FdhydV (194/1990)	Holzwerkstoffe: max. 0,1 ml/m ³ (ppm) Ausgleichskonzentration Formaldehyd in der Prüfraumluft
Asbestverordnung – AsbV (324/1990)	Asbestzement, Klebstoffe, Anstrichmittel, Spachtelmassen, Dämmmaterialien, Dichtungen und Einzelhandelsprodukte: Verbot von Asbest
Pentachlorphenol- bzw. PCP-Verordnung (58/1991)	Stoffe und Zubereitungen: max. 0,01% (100 ppm) Fertigwaren: max. 0,0005% (5 ppm)
Lösungsmittelverordnung – LMVO (872/1995)	Sonstige Zubereitungen: max. 10% organische LM: (inkl. Aromaten exkl. Ethanol und Propanol) Farben, Holzbeizen, Bautenschutzmittel, Abbeizmittel, Klebstoffe (ausgenommen chemisch abbindende Kleber): max. 0,1% Benzol bzw. chlorierte Kohlenwasserstoffe Bautenschutzmittel: max. 20%; Kontaktkleber: max. 15%; max. 5% aromatische LM
Cadmiumverordnung – CadV (855/1993)	Farben, Lacke und Anstrichmittel: max. 0,01% Cd Farben: Verbot von Bleiweiß
Chemikalien-EU-Anpassungsverordnung – ChemEV (169/1996)	Holzschutzmittel: Verbot von Arsen- u. Quecksilberverbindungen
Verordnung über das Verbot von halogenierten Stoffen – BTNDV (210/1993)	Fugenmassen, Beschichtungsstoffe: Verbot von polychlorierten Biphenylen (PCB) und Terphenylen (PCT)
Kreosotverordnung (461/1998 i.d.F. 258/2000)	In Kreosot (Kreosot, Kresostöl, Kohlenteerdestillate) für die Holzbehandlung: Phenole max. 3%; Benzo[a]pyren max. 0,005%. CMR-Stoffe der Kategorie 1 und 2 ("T" mit R45, R46, R49, R60 bzw. R61) in Zubereitungen, die an nichtgewerbliche Letztverbraucher abgegeben werden: max. 0,1%, sofern nicht in Anhang I der Richtlinie 67/548/EWG andere Konzentrationen vorgesehen sind.
Verordnung über Trichlorethan und Tetrachlorkohlenstoff (776/1992 i.d.F. 461/1998)	Metallentfettung: Verbot von 1,1,1-Trichlorethan und Tetrachlorkohlenstoff
Chemikalienverbotsverordnung (477/2003)	Fasst eine Reihe von bereits bestehenden Verböten zusammen und erweitert diese: Asbest, bestimmte chlorierte Kohlenwasserstoffe, Benzol, Dibutylzinnhydrogenborat, CMR Kat. 1 und 2, Pentabromdiphenylether, Oktabromdiphenylether, Pentachlorphenol, kurzkettige Chlorparaffine, Kreosot u.a.

A2 CHEMISCH-ANALYTISCHE UND SENSORISCHE PRÜFUNGEN VON BAUPRODUKTEN

A2.1 ALLGEMEINES

Die bestehenden Schemata zur Bewertung von Bauprodukten hinsichtlich Schadstoffen beziehen sich auf:

- Untersuchungen der Abgabe von Schadstoffen aus dem Bauprodukt mittels einer Prüfkammer (bzw. Prüfzelle),
- Untersuchung des Gehalts von Schadstoffen im Bauprodukt,
- Sensorische Untersuchungen (Geruchsprüfung).

Die genannten Zugänge zur Bewertung von Bauprodukten stehen miteinander nicht in Konkurrenz. Die konkrete Vorgangsweise für einen bestimmten Stoff wird in der Regel auf Grund dessen Mobilität und Flüchtigkeit getroffen. Flüchtige Schadstoffe wie z.B. VOC, die hauptsächlich über den Luftweg in den menschlichen Körper aufgenommen werden, werden mittels Prüfkammer oder Prüfzelle untersucht. Weniger flüchtige Stoffe wie z.B. Biozide, die sich vor allem an den Hausstaub anlagern, werden über ihren Gehalt im jeweiligen Bauprodukt bewertet. Ähnliches gilt für Stoffe wie Schwermetalle, die eine praktisch vernachlässigbare Flüchtigkeit besitzen und erst im Falle einer Renovierung oder bei Abriss eines Gebäudes mobilisiert werden.

Bei der chemischen Charakterisierung der Raumluft und Bestimmung der Raumluftverunreinigungen ist in jedem Fall der Aspekt der "Indoor Chemistry" zu berücksichtigen (Salthammer 2000). In vielen Fällen sind für die Charakterisierung von reaktiven Substanzen und Sekundärprodukten spezielle analytische Methoden und Probenahmestrategien notwendig, manche Substanzen können derzeit überhaupt nicht erfasst werden.

Der Geruch eines Bauproduktes stellt eine wesentliche Eigenschaft in Hinblick auf humantoxische Wirkungen dar. Geruchsprüfungen sind derzeit allerdings noch nicht Standard in der Untersuchung von Bauprodukten.

A2.2 PARAMETER

A2.2.1 Formaldehyd und weitere Aldehyde/Ketone

Der Parameter Formaldehyd wird auf Grund der Bekanntheit der Substanz in zahlreichen Prüfkammerkonzepten, Umweltzeichen und Gütesiegeln berücksichtigt. Die Abgabe von Formaldehyd wird in der Regel dort untersucht, wo eine relevante Abgabe auf Grund der Materialeigenschaften zu erwarten ist und gesetzliche Erfordernisse dies vorsehen (z.B. Spanplatten). In anderen Fällen, z.B. bei der Prüfung von Farben und Lacken nach dem Österreichischen Umweltzeichen wird der Gehalt an Formaldehyd im Ausgangsprodukt bewertet.

Auf gesetzlicher Ebene dient in der österreichischen Formaldehydverordnung (BGBl. 194/1990) eine Prüfkammeruntersuchung als Referenzmethode. Die Formaldehydverordnung legt in § 1 fest, dass Holzwerkstoffe (Spanplatten, Tischlerplatten, auch Massivholzplat-

ten u.a.) nicht in Verkehr gesetzt werden dürfen, "wenn die durch den Holzwerkstoff verursachte Ausgleichskonzentration des Formaldehyds in der Luft eines Prüfraumes 0,1 ml/m³ (ppm) überschreitet". Möbel, Wandverkleidungen und dergleichen dürfen nicht in Verkehr gesetzt werden, wenn sie Holzwerkstoffe enthalten, die eine größere als die genannte Ausgleichskonzentration an Formaldehyd verursachen.

Manche ins Detail gehende Prüfkonzeppte wie das Umweltsiegel natureplus fordern zusätzliche Prüfkammeruntersuchungen auf weitere Aldehyde und Ketone dort, wo eine Emission dieser Substanzen, die zum Teil einen sehr niedrigen Geruchsschwellenwert besitzen, zu erwarten sind.

A2.2.2 Flüchtige und mittelflüchtige organische Verbindungen (VOC, SVOC)

Die Messung der Abgabe von flüchtigen und mittelflüchtigen organischen Verbindungen (VOC, SVOC) wird in zahlreichen Prüfkammerkonzepten, Umweltzeichen und Gütesiegeln gefordert. Die Abgabe dieser sehr umfangreichen Gruppe an Verbindungen wird in der Regel dort untersucht, wo eine relevante Abgabe auf Grund der Materialeigenschaften zu erwarten ist (z.B. bei Farben und Lacken). Die Abgrenzung der flüchtigen organischen Verbindungen gegenüber anderen Substanzgruppen ist von der gewählten Definition für den Begriff "VOC" abhängig. Da eine Reihe von unterschiedlichen Definitionen existiert, ist dieser Unterschied bei einer vergleichenden Beurteilung immer zu berücksichtigen. Bei der Beurteilung der Luft von Innenräumen werden am häufigsten die sich weitgehend deckenden Definitionen der European Collaborative Action – Indoor Air Quality and it's Impact on Man (ECA) und der Weltgesundheitsorganisation (WHO) herangezogen.

Eine Untersuchung auf den Gehalt an VOC wird bei der Prüfung von Baustoffen in Hinblick auf die Kompatibilität mit der Lösungsmittelverordnung (BGBl. 872/1995) durchgeführt. Die Lösungsmittelverordnung enthält Bestimmungen über organische Lösungsmittel (chlorierte Kohlenwasserstoffe, aromatische Kohlenwasserstoffe, aliphatische Kohlenwasserstoffe) in Farben und Lacken, Holzschutzmitteln, Abbeizmitteln und Klebstoffen. Bestimmte Einzelsubstanzen werden verboten bzw. auf einen zulässigen Höchstgehalt in Farben, Lacken, Anstrichmitteln beschränkt (z.B. auf 0,1 Masseprozent an Benzol). Generell wird der zulässige Anteil an organischen Lösungsmitteln in Farben, Lacken und Anstrichmitteln auf rund 10 bis 20 Masseprozent (je nach Produktgruppe und Verwenderkreis) beschränkt. In der österreichischen Lösungsmittelverordnung werden als "Organische Lösungsmittel" flüssige organische Verbindungen definiert, die einen Siedepunkt < 200°C besitzen, andere Stoffe zu lösen vermögen sowie nach deren bestimmungsgemäßer Anwendung verdunsten. Damit stellen "Organische Lösungsmittel" laut der Definition der Lösungsmittelverordnung eine Teilmenge der VOC dar. Der Begriff "lösungsmittelfrei" bei einer Rezeptur bedeutet in diesem Zusammenhang, dass keine organischen Lösungsmittel mit einem Siedepunkt kleiner 200°C eingesetzt werden.

Untersuchungen auf den Gehalt an VOC fordern weiters diverse Umweltzeichen, so z.B. das Österreichische Umweltzeichen in Hinblick auf die Produktgruppe "Lacke, Lasuren und Holzversiegelungslacke".

A2.2.3 Isocyanate, Phenol

Die Prüfung auf die Abgabe von Isocyanaten oder Phenol wird nur in wenigen Konzepten wie dem Umweltsiegel natureplus oder dem Österreichischen Umweltzeichen für spezielle

Bauprodukte gefordert. Dies sind vor allem isocyanatgebundene Holzwerkstoffe oder Korkprodukte.

A2.2.4 Partikel, Fasern

Eine Prüfung auf die Partikelabgabe von Bauprodukten wird nur bei dem "Danish Indoor Climate Label" (siehe auch Kap. A5.6) durchgeführt.

Eine Untersuchung auf den Gehalt an Asbestfasern wird bei der Prüfung von Baustoffen in Hinblick auf die

Kompatibilität mit der Asbestverordnung (BGBl. 324/1990) durchgeführt. Die Asbestverordnung legt u.a. (z.B. in § 2 Abs. 1 und 2) fest, dass "Produkte, die andere Asbestsorten als Chrysotilasbest enthalten, grundsätzlich nicht hergestellt, in Verkehr gesetzt oder verwendet werden dürfen. Auch chrysotilasbesthaltige Stoffe, Zubereitungen oder Fertigwaren dürfen in der Regel nicht hergestellt, in Verkehr gesetzt oder verwendet werden. Darunter fallen z.B. Kitte und Klebstoffe, katalytische Siebe und Isoliervorrichtungen, die für mit Flüssiggas betriebene Heizgeräte bestimmt oder in diese eingebaut sind, Bodenbeläge, Leichtbauplatten, Isoliermaterialien oder Dämmstoffe für Brand-, Schall-, Kälte-, Feuchtigkeits- oder Wärmeschutz, Reibbeläge und Dichtungen. Gemäß § 4 dürfen jedoch noch chrysotilasbesthaltige Faserzementprodukte für den Tiefbaubereich unter bestimmten Bedingungen verwendet werden.

A2.2.5 Pentachlorphenol (PCP) und andere Biozide

Im Gegensatz zu den eher flüchtigen Bestandteilen eines Bauproduktes werden Biozide in der Regel über den Gehalt im Material bestimmt, obwohl ein Teil der betreffenden Biozide eine nicht zu vernachlässigende Flüchtigkeit aufweist.

Eine Untersuchung auf den Gehalt an PCP wird bei der Prüfung von Baustoffen in Hinblick auf die Kompatibilität mit der PCP-Verordnung (BGBl. 58/1991) durchgeführt. In der PCP-Verordnung wird die Herstellung, das Inverkehrsetzen und die Verwendung von PCP verboten. Dies gilt für alle Stoffe und Zubereitungen, die insgesamt einen Massenanteil von mehr als 0,01% (100 ppm) enthalten. Die Herstellung, das Inverkehrsetzen und die Verwendung von Fertigwaren, die infolge einer Behandlung mit PCP einen Masseanteil von mehr als 0,0005% (5 ppm) enthalten, ist verboten.

A2.2.6 Polychlorierte Biphenyle (PCB) und andere chlorierte Substanzen

PCB werden in der Regel über den Gehalt im Material bestimmt, obwohl ein Teil dieser Substanzgruppe ebenfalls eine nicht zu vernachlässigende Flüchtigkeit aufweist.

Eine Untersuchung auf den Gehalt an PCB und weiteren chlorierten Substanzen (z.B. halogenierte Terphenylen und Naphthaline) wird bei der Prüfung von Baustoffen in Hinblick auf die Kompatibilität mit der Verordnung über das Verbot von halogenierten Stoffen (BGBl. 210/1993) durchgeführt. In der Verordnung wird das Inverkehrsetzen und die Verwendung von PCB, PCT u.a. verboten.

A2.2.7 Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Phenole und ähnliches

PAK werden in der Regel über den Gehalt im Material bestimmt, obwohl der flüchtigere Anteil dieser Substanzgruppe auch eine nicht zu vernachlässigende Emission zeigt. Be-

stimmte im Baubereich entstehende Abkömmlinge des Naphthalins (Chlor- und Methyl-naphthaline) haben einen sehr niedrigen Geruchsschwellenwert.

Eine Untersuchung auf den Gehalt an Benz(a)pyren wird bei der Prüfung von Baustoffen in Hinblick auf die Kompatibilität mit der Kreosot-Verordnung (Chem-VerbotsV-Kreosot-CKW-CMR-Lampenöle, BGBl. II Nr. 461/1998 i.d.F. 258/2000) durchgeführt. In der Kreosotverordnung wird in § 1 Abs. 2 u.a. festgehalten, dass Stoffe und Zubereitungen, die Kreosot enthalten, nicht zur Behandlung von Holz in Verkehr gesetzt oder verwendet werden dürfen, wenn sie Benzo(a)pyren in einer Massekonzentration von über 0,005% oder wasserlösliche Phenole in einer Massenkonzentration von über 3% enthalten. Jede Verwendung von Holz, das mit Kreosot, welches höhere Anteile eines der beiden Stoffe aufweist, behandelt worden ist, ist jedenfalls innerhalb von Gebäuden verboten (§ 2 Abs. 8).

A2.2.8 Weichmacher und Flammschutzmittel

Weichmacher und Flammschutzmittel werden in der Regel über den Gehalt im Material bestimmt. Die Messung des Gehaltes von Weichmachern und Flammschutzmittel wird für bestimmte Umweltzeichen und Gütesiegeln gefordert.

A2.2.9 (Schwer)metalle

Metalle werden über den Gehalt im Material bestimmt. Die Messung des Gehaltes an Metallen, insbesondere Schwermetallen wird in zahlreichen Umweltzeichen und Gütesiegeln gefordert. Eine Untersuchung auf den Gehalt an Cadmium wird bei der Prüfung von Baustoffen in Hinblick auf die Kompatibilität mit der Cadmiumverordnung (1993) durchgeführt. Die Cadmiumverordnung (für Cadmium in Kunststoffen, Farben sowie zum Vercadmieren, BGBl. Nr. 855/1993) enthält Verbote bzw. Beschränkungen für Cadmium.

A2.3 PRÜFKAMMERUNTERSUCHUNGEN

A2.3.1 Allgemeines

Zur Feststellung der Emissionen von Bauprodukten, vor allem flüchtiger Substanzen, sind Untersuchungen in Prüfkammern geeignet. Wichtige Einflussgrößen sind dabei einerseits Temperatur, Luftwechsel, relative Feuchte und Luftgeschwindigkeit in der Prüfkammer und andererseits Menge oder Fläche des Materials in der Kammer sowie Art der Vorbereitung des Prüfgutes. Der Einfluss dieser und weiterer Parameter wurde in internationalen Ringversuchen deutlich (ECA 1993b; ECA 1995).

Auf Grundlage der Ergebnisse dieser Ringversuche und einer zuvor veröffentlichten Vorgehensweise (ECA 1991) wurden europäische Normen ENV 13419 Teil 1-3 zur Ermittlung der Emissionen von VOC aus Bauprodukten veröffentlicht (ÖNORM ENV 13419 Teil 1-3 1999). In Teil 1 wird die Untersuchung mittels einer Prüfkammer beschrieben, in Teil 2 die Untersuchung mittels einer Prü fzelle. In Teil 3 werden Probenahme, Lagerung der Proben und Vorbereitung der Prüfstücke beschrieben. Für die Ableitung und sinnvolle Anwendung eines Bewertungsschemas müssen eine Reihe von Randbedingungen angenommen werden, um die aus Prüfkammermessungen erhaltenen Ergebnisse mit realen Raumluftsituationen verknüpfen zu können. Am wichtigsten sind dabei Überlegungen zu einem Szenario, welche Exposition unter Praxisbedingungen zu erwarten ist. Nach folgender Gleichung hängt

für einen Flächenemittenten die Raumlufkonzentration C von der flächenspezifischen Emissionsrate E_{fi} des Produktes, dem Luftwechsel n im betrachteten Raum und dem Verhältnis von eingesetzter Produktfläche F und Raumvolumen V ab. Die Größen n , F und V können zu einer neuen Größe q , der flächenspezifischen Lüftungsrate zusammengefasst werden.

$$C = E_{fi} F/n V = E_{fi} /q$$

C	Raumlufkonzentration [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
E_{fi}	flächenspezifische Emissionsrate [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$]
F	eingesetzte Produktfläche [m^2]
n	Luftwechsel [h^{-1}]
V	Raumvolumen [m^3]
q	flächenspezifische Lüftungsrate [$\text{m}^3/\text{h m}^2$]

Nach DIN 1946-6 (1994) liegt für Wohnräume der Außenluftstrom pro Quadratmeter, d.h. die flächenspezifische Lüftungsrate, je nach gegebener Wohnfläche etwa zwischen 1 und $1,5 \text{ m}^3/\text{h m}^2$. Stützt man sich zur Sicherheit auf das obere Ende dieses Bereiches, so ergibt dies unter Verwendung obiger Gleichung für einen Raum mit einer Höhe von 2,7 m und einer Grundfläche von 3 m x 4 m eine Luftwechselzahl von rund $0,5 \text{ h}^{-1}$. Dieser Wert liegt zwar über dem Wert, der in der Praxis in Innenräumen bei modernen Fenstern angetroffen wird, zur Herstellung raumlufthygienisch befriedigender Verhältnisse sollte dieser Wert bezogen auf die Grundlüftung nicht unterschritten werden. Wählt man diese Bedingungen also für den Prüfkammertest, z.B. von bodenbedeckenden Materialien, so entspricht die in der Prüfkammer gemessene Stoffkonzentration weitgehend der in einem solchen Raum unter Voraussetzung des Luftwechsels von $0,5 \text{ h}^{-1}$ zu erwartenden – vorausgesetzt, die Beladung (Materialoberflächen-Prüfkammer-Volumenverhältnis) liegt ebenfalls in einem der Realität entsprechenden Bereich. Dabei sind allerdings Unterschiede nicht berücksichtigt, die durch mögliche Sorptionseffekte auftreten können.

Untersuchungen in Prüfkammern sind zwar in der Regel zur Feststellung der Emissionen von Bauprodukten gut geeignet, die Einflussgrößen Luftwechsel und Luftgeschwindigkeit in der Prüfkammer und Menge oder Fläche des Materials in der Kammer müssen jedoch für einen direkten Vergleich der Ergebnisse einer derartigen Messung ident sein. Ein weiterer Nachteil der Prüfkammertestmessung ist der hohe Preis und die in der Regel lange Versuchsdauer. Eine Alternative, die vor allem bei wenig komplexen, ebenen Materialien sinnvoll ist, wäre die Verwendung einer Prüfzelle, die direkt auf das betreffende Material aufgebracht wird. In diesem Fall wird als Ergebnis nicht die Konzentration in der Kammer, sondern die flächenspezifische Emissionsrate angegeben. Die flächenspezifischen Emissionsraten können anschließend je nach gewähltem Expositionsszenario in die entsprechende fiktive Raumlufkonzentration umgerechnet werden.

Die europäische Norm ENV 13419 Teil 2 zur Ermittlung der Emissionen von Bauprodukten mittels einer Prüfzelle normiert das Verfahren unter expliziter Nennung einer Entwicklung aus Dänemark, der sogenannten FLEC-Zelle (Wolkoff 1996).

A2.3.2 Prüfkammeruntersuchung laut Österreichischer Formaldehydverordnung

Die Österreichische Formaldehydverordnung definiert eine Referenzmethode zur Prüfung der Abgabe von Formaldehyd aus Holzwerkstoffen. Alternativ dazu werden abgeleitete Methoden zugelassen.

Das Verhältnis der Oberfläche der Materialien zum Kammervolumen ist mit $1 \text{ m}^2/\text{m}^3$ festgelegt. In der Prüfkammer herrschen konstante Klimabedingungen (23°C und 45% relative Luftfeuchtigkeit) sowie ein konstanter Luftwechsel ($1,0 \text{ h}^{-1}$), wobei gereinigte Luft zugeführt wird. Nach der Konditionierung erfolgt die Anreicherung der emittierten Verbindungen in einer geeigneten Absorptionsflüssigkeit. Die Auswertung der Proben erfolgt mittels Acetylacetonmethode. Der festgelegte Luftwechsel liegt deutlich höher als realistisch in Innenräumen zu erwarten ist, wodurch die in der Praxis auftretenden Konzentrationen unterschätzt werden. Die Ergebnisse dieser Messungen sind daher zur Abschätzung von Raumluftkonzentrationen nur mittelbar geeignet.

A2.3.3 Prüfkammeruntersuchungen für das Österreichische Umweltzeichen⁴⁸

Richtlinien für das Österreichische Umweltzeichen wurden für unterschiedliche Produktgruppen erstellt (siehe Kap. A5.8). In einigen Richtlinien werden Prüfkammeruntersuchungen zur Ermittlung der Abgasung flüchtiger Substanzen gefordert.

Dies betrifft folgende Produktgruppen und Substanzen:

- Textile Bodenbeläge: Formaldehyd und diverse VOC,
- Holzmöbel: Formaldehyd, Phenole, Methyldiisocyanat, Gesamt-VOC, CMR-Stoffe,
- Holz und Holzwerkstoffe: Formaldehyd, Phenole, Methyldiisocyanat, Gesamt-VOC, CMR-Stoffe,
- Elastische Bodenbeläge: diverse VOC, TVOC.

Die geforderte Methodik lehnt sich an schon bestehende Methoden zur Bestimmung von flüchtigen Substanzen mittels Prüfkammern an. Das Verhältnis der Oberfläche der Materialien zum Kammervolumen entspricht den in der Praxis anzutreffenden Bedingungen. In der Prüfkammer herrschen konstante Klimabedingungen (23°C und 45 bzw. 50% relative Luftfeuchtigkeit) sowie ein konstanter Luftwechsel ($0,5 \text{ h}^{-1}$), wobei gereinigte Luft zugeführt wird. Nach der Konditionierung erfolgt die entsprechende Anreicherung der emittierten Verbindungen auf geeignete Adsorbermaterialien. Die Auswertung der Proben erfolgt mittels unterschiedlicher Methoden.

A2.3.4 Prüfkammeruntersuchungen für das natureplus Zeichen⁴⁹

Das natureplus Zeichen (siehe auch Kapitel A5.12) fordert für diverse Baustoffe eine Untersuchung mittels Prüfkammer. Die Beladung und die Vorbehandlung der Prüflinge unterscheiden sich je nach Baustoffgruppe voneinander.

Das Verhältnis der Oberfläche der Materialien zum Kammervolumen entspricht den in der Praxis anzutreffenden Bedingungen. In der Prüfkammer herrschen konstante Klimabedingungen (23°C und 45 bzw. 50% relative Luftfeuchtigkeit) sowie ein konstanter Luftwechsel

⁴⁸ www.umweltzeichen.at

⁴⁹ www.natureplus.org

(0,5/h), wobei gereinigte Luft zugeführt wird. Nach der Konditionierung erfolgt die entsprechende Anreicherung der emittierten Verbindungen auf geeignete Adsorbermaterialien. Die Auswertung der Proben erfolgt mittels unterschiedlicher Methoden.

A2.3.5 Prüfkammermessungen von textilen Bodenbelägen

Das für textile Beläge verwendete GUT⁵⁰ Prüfkammerverfahren (GUT 2003) lehnt sich an international übliche Prüfkammerverfahren an. Dabei wird eine produktionsfrische und neutral verpackt angelieferte Probe 24 h in einer Prüfkammer konditioniert. Das Verhältnis der Oberfläche des textilen Belages zum Kammervolumen entspricht den in der Praxis anzutreffenden Bedingungen und liegt bei 0,4 m²/m³. In der Prüfkammer herrschen konstante Klimabedingungen (23°C und 50% relative Luftfeuchtigkeit) sowie ein konstanter Luftwechsel (0,5 h⁻¹), wobei gereinigte Luft zugeführt wird. Nach der Konditionierung erfolgt die entsprechende Anreicherung der emittierten Verbindungen auf geeignete Adsorbermaterialien, z.B. Tenax oder DNPH. Die Auswertung der Proben erfolgt gaschromatographisch mittels GC/MS-Analytik.

A2.4 SENSORISCHE UNTERSUCHUNGEN (GERUCH)

Da VOC-Emissionen häufig mit Geruchsempfindungen einhergehen, ist die sensorische Prüfung bei mehreren Umweltzeichen und Gütesiegeln ein wichtiges Element bei der Bewertung von Bauprodukten. Zur Bewertung eines Bauproduktes hinsichtlich seines Geruches dienen hauptsächlich organoleptische (mit den menschlichen Sinnen) durchgeführte Untersuchungen. Es bestehen jedoch derzeit verschiedene Auffassungen hinsichtlich einer optimalen Erfassung der Geruchsabgabe von Bauprodukten. Der Bewertung liegen unterschiedliche Vorgangsweisen zugrunde, die sich historisch in Bezug auf den jeweiligen Stoff herausgebildet haben. Daraus resultierend unterscheiden sich auch die Methoden. In der Regel werden die jeweiligen Bauprodukte von meist trainierten Experten (trained panels) nach Notenskalen bewertet. Größere Bedeutung haben diesbezügliche Untersuchungen vor allem bei der Prüfung von textilen Bodenbelägen erlangt.

Im AgBB-Konzept (siehe Kap. A3.1) wird darauf verwiesen, dass entsprechende Prüfungen der geruchlichen Eigenschaften von Baumaterialien erforderlich wären, aber noch keine adäquaten Methoden verfügbar sind.

Die finnische Emissionsklassifizierung (siehe Kap. A5.5) von Baumaterialien stellt detaillierte Methoden zur Bewertung der Geruchseigenschaften von Baumaterialien bereit. Das "Danish Indoor Climate Label" (siehe Kap. A5.6) arbeitet zwar mit substanz- und produktbezogenen Zeiträumen, in denen ein Bauprodukt bestimmte, aus der Literatur bekannte Geruchsschwellenwerte unterschreitet, im Rahmen der Prüfung werden keine sensorischen Bewertungen durchgeführt.

A2.5 MATERIALUNTERSUCHUNGEN

Auch Materialuntersuchungen sind ein wichtiges Element bei der Bewertung von Bauprodukten. Bei weniger flüchtigen Stoffe wie z.B. Bioziden, die sich vor allem an den Hausstaub anlagern, würden die Ergebnisse von Prüfkammeruntersuchungen ein verfälschtes Bild der

⁵⁰ www.gut.ev.de

Situation liefern. Diese Stoffe werden in der Regel über ihren Gehalt im jeweiligen Bauprodukt bewertet. Ähnliches gilt für Stoffe, die eine praktisch vernachlässigbare Flüchtigkeit besitzen und erst im Falle einer Renovierung oder bei Abriss eines Gebäudes mobilisiert werden (z.B. Metalle).

Zahlreiche österreichische Verordnungen im Bereich des Chemikaliengesetzes enthalten Begrenzungen des Gehaltes von Schadstoffen. Die Einhaltung der Vorgaben wird durch Materialuntersuchungen überprüft.

In manchen Fällen werden auch flüchtige Stoffe wie z.B. Vinylchlorid über die Bestimmung des Gehaltes im Material bewertet.

A3 METHODEN ZUR BEWERTUNG HUMANTOXISCHER WIRKUNGEN VON BAUPRODUKTEN

A3.1 DAS AgBB-KONZEPT

A3.1.1 Allgemeines

Das in der Bauproduktenrichtlinie allgemein formulierte Ziel, die Gesundheit von GebäudenutzerInnen zu schützen, wird in einem vom deutschen Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB) herausgegebenen Dokument (AgBB 2002) in Hinblick auf die Emission flüchtiger organischer Verbindungen aus Bauprodukten präzisiert. Zu diesem Zweck werden für Bauprodukte Prüfkammeruntersuchungen vorgeschlagen. Die dabei gemessenen Emissionen werden mit festgelegten Leistungswerten für VOC, TVOC, SVOC und kanzerogene Stoffe verglichen. Damit soll sichergestellt werden, dass die Mindestanforderungen zum Schutz der Gesundheit erfüllt werden. Es bleibt darüber hinaus den Herstellern überlassen, emissionsärmere Produkte herzustellen.

Sofern es sich um Stoffe ohne mutagene Wirkung handelt, können aus Dosis-Wirkungsbeziehungen Schwellenwerte formuliert werden, unterhalb derer keine nachteiligen gesundheitlichen Wirkungen zu erwarten sind. Diese Vorgangsweise ist die Grundlage bei der Erstellung von Luftgrenzwerten am Arbeitsplatz (MAK Werte) und wird vom AgBB vom Ansatz her übernommen.

A3.1.2 Beschreibung der Methode

A3.1.2.1 Allgemeines

Die Methode geht von einem Produkt aus, das luftdicht verpackt vorliegt. Als Versuchsbeginn (t_0) wird der Zeitpunkt definiert, an dem das zu prüfende Produkt aus der Verpackung genommen und in die Prüfkammer oder -zelle gelegt wird. Das Produkt verbleibt über die gesamte Prüfzeit in der Prüfkammer bzw. unter der Prüfkammer. Für manche Produktgruppen ist es notwendig, spezielle Prüfbedingungen zu definieren. Diese produktgruppenspezifischen Anforderungen werden gesondert festgelegt. Für die in der Prüfkammer zu bestimmenden Emissionen gelten in Anlehnung an die ISO 16000-6 folgende Definitionen:

- VOC: alle Einzelstoffe mit Konzentrationen über $0,002 \text{ mg/m}^3$ im Retentionsbereich C_6-C_{16} ,

- TVOC: Summe aller Einzelstoffe im Retentionsbereich C_6 - C_{16} ,
- SVOC: alle Einzelstoffe über $0,002 \text{ mg/m}^3$ im Retentionsbereich $> C_{16}$ - C_{22} ,
- Summe SVOC: Summe aller Einzelstoffe über $0,002 \text{ mg/m}^3$ im Retentionsbereich $> C_{16}$ - C_{22} .

Für die Zuordnung der Einzelstoffe zu den Retentionsbereichen C_6 - C_{16} und C_{16} - C_{22} ist die Analytik auf einer unpolaren Säule zugrunde zu legen.

A3.1.2.2 Prüfparameter nach 3 Tagen

TVOC₃: Ein Produkt erfüllt die Kriterien, wenn der TVOC-Wert nach 3 Tagen (TVOC₃) $\leq 10 \text{ mg/m}^3$ liegt.

Kanzerogene Stoffe: Die generelle Anforderung an jedes Bauprodukt ist, dass es praktisch keine kanzerogenen, mutagenen oder reproduktionstoxischen Stoffe emittieren soll. Eine Abgabe kanzerogener Stoffe wird erstmalig an dieser Stelle des Ablaufschemas untersucht. Die Summe aller nach 3 Tagen detektierten Kanzerogene (Kategorie 1 und 2) darf $10 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ($0,01 \text{ mg/m}^3$) nicht übersteigen. Stoffe mit mutagenen oder reproduktionstoxischen Eigenschaften sowie Stoffe mit möglicher kanzerogener Wirkung (Kategorie 3) werden im Rahmen des NIK-Konzepts (siehe Kap. A3.1.4) geprüft.

A3.1.2.3 Prüfparameter nach 28 Tagen

TVOC₂₈: Um das Langzeitverhalten der VOC-Emissionen eines Bauproduktes bewerten zu können, wird der TVOC-Wert nach 28 Tagen bestimmt. Diese Bestimmung wird wie die Ermittlung des TVOC-Wertes nach 3 Tagen durchgeführt. Bei der Berechnung des TVOC₂₈-Wertes ist – entgegen den Angaben der ISO 16000/6 – ein möglichst hoher Identifizierungsgrad anzustreben, um eine Einzelstoffbewertung zu ermöglichen. Ein Produkt erfüllt die Kriterien, wenn hier ein TVOC₂₈-Wert von $\leq 1 \text{ mg/m}^3$ festgestellt wird.

SVOC: Produkte, die zwar die vorgegebenen Kriterien hinsichtlich der Emissionen von VOC einhalten, dafür aber verstärkt Emissionen von schwerflüchtigen organischen Verbindungen (SVOC) aufweisen, sollen nicht begünstigt werden. Deshalb wird zusätzlich auch die SVOC-Konzentration in der Kammerluft berücksichtigt. Ein Produkt erfüllt die Kriterien, wenn die Summe der SVOC in der Kammerluft eine Konzentration von $0,1 \text{ mg/m}^3$ nicht überschreitet. Dies entspricht einem Anteil von 10% zur maximal zulässigen TVOC₂₈-Konzentration von 1 mg/m^3 . Höhere Konzentrationen führen zur Ablehnung.

Kanzerogene Stoffe: Es findet eine erneute Überprüfung der Abgabe von kanzerogenen Stoffen Kategorie 1 und 2 statt, jetzt aber unter dem Gesichtspunkt der langfristigen Bedeutung für den Raumnutzer. Die Summe aller detektierten Kanzerogene darf einen Wert von $1 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ (entsprechend $0,001 \text{ mg/m}^3$) nicht übersteigen. Höhere Konzentrationen führen zur Ablehnung.

Einzelstoffbewertung: Neben der Bewertung der Emissionen eines Produktes über den Summenwert TVOC ist die Bewertung von einzelnen VOC erforderlich. Hierzu werden in der Analyse der Kammerluft zunächst alle Verbindungen identifiziert und quantifiziert, deren Konzentration $2 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ erreicht oder übersteigt:

a) VOC mit Bewertungsmaßstäben nach NIK: Für eine Vielzahl von innenraumrelevanten VOC sind im Anhang des Konzeptes der AgBB als gesundheitsbezogene Hilfsgrößen sogenannte NIK-Werte (Niedrigste interessierende Konzentrationen) gelistet. Im Vorwort zur NIK-Werte-Liste sind die Details ihrer Ableitung dokumentiert. Stoffe, deren Konzentration $> 5 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ beträgt, gehen in die Bewertung nach NIK ein. Das Niveau von $5 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ist analytisch

ohne Probleme zu erreichen. Zur Bewertung wird für jede Verbindung i das in folgender Gleichung definierte Verhältnis R_i gebildet:

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

Hierin ist C_i die Stoffkonzentration in der Kammerluft. Es wird angenommen, dass keine Wirkung auftritt, wenn R_i den Wert 1 unterschreitet. Werden mehrere Verbindungen mit Konzentrationen $>5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ festgestellt, so wird Additivität der Wirkungen angenommen und festgelegt, dass R , also die Summe aller R_i , den Wert 1 nicht überschreiten darf: $R = \sum(C_i / \text{NIK}_i) \leq 1$, wobei R = Summe aller R_i bzw. Summe aller Quotienten ist. Wenn diese Bedingung nicht erfüllt ist, wird das Produkt abgelehnt.

b) VOC ohne Bewertungsmaßstäbe nach NIK: Um zu vermeiden, dass ein Produkt positiv bewertet wird, obwohl es größere Mengen an nicht bewertbaren VOC emittiert, wird für VOC, die nicht identifizierbar sind oder keinen NIK Wert haben, eine Mengengrenzung festgelegt, die für die Summe solcher Stoffe 10% des zulässigen TVOC-Wertes ausmacht. Ein Produkt erfüllt die Kriterien, wenn die Summe solcher VOC $0,1 \text{ mg}/\text{m}^3$ nicht übersteigt. Höhere Werte führen zur Ablehnung.

Ein Bauprodukt, welches die im unten stehenden Ablaufschema geforderten Bedingungen erfüllt, ist für die Verwendung in Innenräumen von Gebäuden geeignet.

Tab. A.2: Emissionskriterien des AgBB-Konzeptes

	3 Tage	28 Tage
TVOC (Summe aller Einzelstoffe im Retentionsbereich C ₆ -C ₁₆)	≤ 10 mg/m ³	≤ 1 mg/m ³
Summe aller detektierten Kanzerogene (Kat. 1 und 2)	≤ 0,01 mg/m ³	≤ 0,001 mg/m ³
SVOC (Summe aller Einzelstoffe über 0,002 mg/m ³ im Retentionsbereich > C ₁₆ -C ₂₂)	-	≤ 0,1 mg/m ³
Einzelne VOC mit NIK-Wert – Bewertbare Stoffe	-	$R = \sum C_i / \text{NIK}_i \leq 1^a$
Einzelne VOC ohne NIK-Wert – Nicht bewertbare Stoffe ^b	-	$\sum \text{VOC ohne NIK} < 0,1 \text{ mg/m}^3$
Sensorische Prüfung	vorgesehen, aber aufgrund fehlender anerkannter Verfahren nicht festgelegt	

- a In der Einzelstoffbewertung sind alle Stoffe $\geq 0,002 \text{ mg/m}^3$ zu identifizieren und quantifizieren. Sofern die Stoffkonzentration $0,005 \text{ mg/m}^3$ überschreitet, wird aus der Konzentration (C) in der Kammerluft und vorhandenen NIK Werten ein Quotient R gebildet, der ≤ 1 sein sollte. Werden mehrere Verbindungen mit Konz. $0,005 \text{ mg/m}^3$ gemessen, wird bei angenommener Additivität der Wirkungen die Summe aller (C_i / NIK_i) gebildet, die ≤ 1 beträgt.
- b Um zu vermeiden, dass ein Produkt positiv bewertet wird, obwohl es größere Mengen an nicht identifizierbaren VOC emittiert, dürfen solche Stoffe maximal 10% des zulässigen TVOC-Wertes von $0,1 \text{ mg/m}^3$ ausmachen.

A3.1.3 Ablaufschema des AgBB-Konzeptes

Abb. A.1: Schema zur gesundheitlichen Bewertung von VOC- und SVOC-Emissionen aus Bauprodukten

Abb. 1: SCHEMA ZUR GESUNDHEITLICHEN BEWERTUNG VON VOC*- und SVOC*-EMISSIONEN AUS BAUPRODUKTEN

gültig für **EINFÜHRUNGSPHASE 2002-2004**



1. Messung nach 3 Tagen

Prüfung auf:

TVOC₃ ≤ 10 mg/m³? *nein* → **Ablehnung**

ja

Ist die Summe aller detektierten Cancerogene ≤ 0,01 mg/m³? *nein* → **Ablehnung**

ja

2. Messung nach 28 Tagen

TVOC₂₈ ≤ 1 mg/m³? *nein* → **Ablehnung**

ja

ΣSVOC₂₈ ≤ 0,1 mg/m³? *nein* → **Ablehnung**

ja

Ist die Summe aller detektierten Cancerogene ≤ 0,001mg/m³? *nein* → **Ablehnung**

ja

Bewertbare Stoffe:
Gilt bei Betrachtung aller VOC mit einer Konz. > 0,005 mg/m³
 $R = \sum C_i / NIK_i^{**} \leq 1$? *nein* → **Ablehnung**

ja

Nicht bewertbare Stoffe:
Ist die Summe der VOC, für die kein NIK^{**} existiert:

ΣVOC₂₈^{ohne NIK} < 0,1 mg/m³ *nein* → **Ablehnung**

ja

Das Produkt ist für die Verwendung in Innenräumen geeignet

A3.1.4 NIK-Werte

A3.1.4.1 Beschreibung der NIK-Werte

Bauprodukte sind wesentliche Quellen von VOC und SVOC in Innenräumen. Um brauchbar im Sinne des Baurechts zu sein, müssen Bauprodukte neben technischen Kriterien auch gesundheitsbezogenen Anforderungen hinsichtlich ihrer VOC/SVOC-Emissionen genügen. Dies bedeutet, dass ihre Emissionen (technisch: produkt- und stoffspezifische Emissionsfaktoren in $\mu\text{g}/\text{m}^2 \text{ h}$) soweit begrenzt werden müssen, dass die in der Raumluft resultierenden Immissionen auch unter ungünstigen, aber noch realistischen Annahmen bezüglich Beladung, Luftwechsel und Raumklima, die Gesundheit empfindlicher Personen bei Daueraufenthalt nicht gefährden. Für die gesundheitsbezogene Qualitätsbewertung der Emissionen von Bauprodukten wird hier die Vorgehensweise zur Bildung von stoffspezifischen Rechenwerten, den sogenannten NIK-Werten (Niedrigste interessierende Konzentrationen NIK, analog zum englischen Lowest Concentration of Interest LCI) vorgestellt.

Viele Stoffe sind als Gas, Dampf oder Schwebstaub in der Luft am Arbeitsplatz durch gesetzlich verbindliche Maximale Arbeitsplatz-Konzentrationen (MAK-Werte der TRGS 900, z.B. in Althaus, Jakubith 2000) soweit begrenzt, dass nach dem gegenwärtigen Stand der Kenntnis auch bei wiederholter und langfristiger, in der Regel 8-stündiger täglicher Exposition, jedoch bei Einhaltung einer durchschnittlichen Wochenarbeitszeit von 40 Stunden im allgemeinen die Gesundheit der Beschäftigten nicht beeinträchtigt wird und dass sie nicht unangemessen belastigt werden. Die deutschen MAK-Werte wurden zum Großteil in die österreichische Grenzwerteverordnung (2003) übernommen, ihre Einhaltung wird messtechnisch überwacht. Bei der Herleitung von NIK-Werten orientiert sich eine Arbeitsgruppe des AgBB – erweitert um Fachleute der Herstellerseite – nach Vorschlag einer internationalen Expertengruppe (ECA 1997) an existierenden MAK-Werten. Dabei werden folgende grundsätzlichen Unterschiede zwischen den Bedingungen in allgemeinen Innenräumen (Wohnungen, Kindergärten, Schulen) und Arbeitsplätzen beachtet:

- Dauerexposition gegenüber einer wechselnden und regelmäßig unterbrochenen Arbeitsplatzbelastung
- Existenz von Risikogruppen, die am Arbeitsplatz entweder gar nicht vorkommen (Kinder, alte Menschen) oder arbeitsmedizinisch besonders geschützt werden (Schwangere, Allergiker)
- fehlende messtechnische und medizinische Überwachung, prinzipiell undefinierte Gesamtexposition in Innenräumen

Aus sachlichen wie rechtlichen Gründen können die einzelnen NIK-Werte nur als Rechenwerte zur Bauproduktbewertung bzw. zur Bauproduktzulassung und nicht als raumluft-hygienische Grenzwerte für Einzelstoffe herangezogen werden. Im Hinblick auf das von Bauprodukten in Innenräumen erzeugte Vielstoffgemisch werden die NIK-Werte von den Verfassern des Konzeptes in ihrer Gesamtheit auf Grund ihrer Herleitung als die adäquate Konkretisierung der zur Abwehr von Gesundheitsgefahren durch VOC/SVOC-Gemische baurechtlich geforderten Kriterien betrachtet.

A3.1.4.2 Vorgehensweise zur Herleitung von NIK-Werten

Da nicht für alle aus Bauprodukten emittierten VOC/SVOC MAK-Werte in der TRGS 900 enthalten sind, wird über diese Vorschrift hinaus auf vergleichbare (Arbeitsplatz)-Werte nach einem abgestuften Verfahren zurückgegriffen, das für jeden Einzelstoff die derzeit maximal

erreichbare Evidenz der toxikologischen Begründung berücksichtigt und somit möglichst viele Stoffe beurteilbar macht. Stoffe, die auch so nicht bewertbar sind, bleiben im Rahmen des AgBB-Schemas einer Summenbegrenzung unterworfen. Die Auswahlkriterien sind:

I.) Zunächst wird für den Einzelstoff geprüft, ob dieser über die TRGS 900 und/oder über einen OEL (Occupational Exposure Limit)-Wert der Europäischen Kommission bewertet ist. Ist dies der Fall, wird der niedrigste Wert zur Ableitung herangezogen.

II.) Ist die unter Punkt I. genannte Bedingung nicht erfüllt, wird auf entsprechende Bewertungslisten von Stoffen in der Luft am Arbeitsplatz anderer EU-Länder zurückgegriffen und vom niedrigsten Wert ein NIK-Wert abgeleitet.

III.) Findet sich keine europäische Legaleinstufung, aber ein MAK-Wert der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) und/oder ein TLV-Wert der American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), wird der NIK-Wert aus dem niedrigsten Wert abgeleitet.

IV.) Lässt sich ein Stoff nach den vorangegangenen Voraussetzungen in Punkt I., II. oder III. nicht beurteilen, wird geprüft, ob eine Einzelstoffbetrachtung bevorzugt auf der Basis einer Zuordnung zu einer Stoffklasse mit ähnlicher chemischer Struktur und vergleichbarer toxikologischer Einschätzung durchgeführt werden kann. Dabei wird der niedrigste NIK-Wert aus dieser zugeordneten Stoffklasse herangezogen.

V.) Erfüllt nach Einzelfallprüfung ein Stoff keine der Anforderungen aus Punkt I.-IV. dann wird dieser Stoff im Ablaufschema der Kategorie der Stoffe "ohne NIK-Wert" zugeordnet. Nicht identifizierte Stoffe fallen ebenfalls in diese Kategorie.

A3.1.4.3 Berechnung der NIK-Werte

Zur Berücksichtigung der strenger zu bewertenden, unterschiedlichen Expositionsbedingungen und Empfindlichkeiten in der Allgemeinbevölkerung im Vergleich zur Arbeitsplatzbelastung wird der jeweils zugrunde gelegte MAK-Wert i.d.R. (Ausnahme z.B. Reizgase) durch 100 geteilt. Bei möglichen kanzerogenen Stoffen der Kategorie 3 wird in der Regel durch 1000 dividiert. Reproduktionstoxische und mutagene Stoffe werden einer Einzelstoffbetrachtung unterzogen. Substanzen mit kanzerogenen Eigenschaften der Kategorie 1 und 2 werden gesondert geprüft (siehe AgBB-Bewertungsschema).

A3.1.4.4 Veröffentlichung der NIK-Werte

Die NIK-Werte werden durch das Gremium des AgBB unter Beteiligung von Industrie und Herstellerverbänden festgelegt und in einer Liste (NIK-Werte-Liste) veröffentlicht. Für die zur Bearbeitung anstehenden Stoffe werden regelmäßig und nach Bedarf Einzelstoffbetrachtungen durch den AgBB unter Beteiligung der Herstellerseite durchgeführt. Die NIK-Liste stellt eine geschlossene Liste dar, die nach Bedarf etwa im 2-Jahresturnus überarbeitet und veröffentlicht wird. Seitens der Hersteller besteht die Möglichkeit, für entsprechende, noch nicht in der NIK-Liste aufgeführte Stoffe die Ableitung eines NIK-Wertes beim AgBB unter Vorlage vorhandener Daten zu beantragen, wobei die Aktualisierung der Werte über die Aktualisierung der jeweiligen MAK-Werte erfolgt.

A3.2 BEWERTUNGSKONZEPT FÜR SENSIBILISIERENDE STOFFE IN BAUMATERIALIEN

Das Institut für Umwelt und Gesundheit (IUG) und die Fachhochschule Fulda schlagen zusammen mit dem Institut für Allergie und Asthma in Krasnodar, Russland, eine Punkteskala zur Bewertung des allergieauslösenden Potentials von Baumaterialien vor (Diel et al. 2002).

Für die Bewertung des allergenisierenden Potentials der Innenraumluft dienen Basisdaten aus "Structure-response-analytical-knowledge (analytischem Struktur-Wirkungs-Wissen)" und Arbeitsrisikomanagement. Zwischen Arbeitsschutz und privater Wohnung gibt es unterschiedliche Voraussetzungen zu berücksichtigen: Arbeitsmedizinisch handelt es sich um relativ hohe Expositionen, die gesunde Erwachsene betrifft, wobei immer wieder Erholungsphasen zwischen den Expositionen liegen. Aus umweltmedizinischer Sicht werden dagegen relativ niedrige Belastungen betrachtet, die vom Prinzip her ständig einwirken und wo auch Risikogruppen einer Exposition ausgesetzt sind (Schwangere, Kranke, Kinder).

Gemäß der MAK- und BAT-Werte-Liste ist es nicht möglich, Schwellenwerte für die Induktion einer Allergie oder für die Auslösung einer allergischen Reaktion in sensibilisierten Personen festzulegen. Deshalb geben Luftgrenzwerte auch keine Sicherheit in Bezug auf das Auftreten allergischer Reaktionen. Dazu kommt, dass eine Sensibilisierung nicht nur allein durch die Belastung mit dem Allergen, sondern auch durch eine Prädisposition (Atopie) der exponierten Person beeinflusst wird.

Während etwa Cr^{VI} in Zement in der Errichtungsphase eines Gebäudes als Allergen eine wichtige Rolle spielt (Maurerkrätze), hat es in der Nutzungsphase durch Immobilisierung praktisch keine Bedeutung mehr für die Induzierung von Allergien. Umgekehrt führt langfristig Alterung und damit verbunden Abrieb möglicherweise zu einer Exposition und Aufnahme niedriger Konzentrationen an Schadstoffen. Dies gilt auch für Oberflächen textiler Materialien. Über die Mechanismen der Sensibilisierung von Allergenen in Baumaterialien, insbesondere wenn diese an "Carrier" wie Hausstaub adsorbiert über die Luft in die Schleimhäute der respiratorischen oder sensorischen Organe eindringen, ist bisher wenig bekannt.

Trotz der genannten Schwierigkeiten bei der Festlegung von Schwellenwerten für allergene Stoffe wird von Diel (2002) ein erster Versuch der Bewertung von Allergenen in Baumaterialien vorgeschlagen. Zu diesem Zweck wird eine Unterscheidung getroffen zwischen "direkten allergenen" Baustoffen, welche direkt in die Innenraumluft emittieren und "indirekten allergenen" Baustoffen, welche z.B. Bakterien- oder Schimmelpilzwachstum fördern können. Die in der Studie vorgeschlagenen Toleranzwerte sind nicht allergologisch-toxikologisch begründet, sondern werden vom Institut für Umwelt und Gesundheit (IUG, Fulda) aufgrund langjähriger Erfahrungen in der Beurteilung von Innenraumbelastungen und unter Einbeziehung entsprechender Literatur empfohlen. Die Vorläufigkeit der vorgeschlagenen Bewertung wird ausdrücklich betont: Angesichts der begrenzten Forschung auf diesem Gebiet benötigen weitere Entwicklungen von mechanischen Modellen über die Wirkungen von allergischen Materialien bezüglich Gebäuden noch Zeit und die Empfehlungen in der Studie sind künftig anzupassen. Wie erwähnt ist in der Bewertung zu berücksichtigen, ob allergieauslösende Stoffe in den Baumaterialien gebunden vorliegen und daher nicht einmal für Atopiker ein Problem darstellen, oder ob sie in die Luft emittieren können.

Tab. A.3: Bekannte sensibilisierende Stoffe typischer Bauprodukten (in Anlehnung an Rühl und Kluger 1999)

Stoffgruppe	Bauprodukte, die die betreffende Stoffgruppe enthalten
Chromate	Portlandzement, Mörtel, Spachtelmassen, Fliesenkleber, Fixiermittel in Holzschutzmitteln
Epoxidharze, epoxidhaltige Reaktivverdünner	Harzkomponente von Epoxidharzsystemen wie Klebstoffe, Beschichtungen usw.
Amine	Härterkomponente von Epoxidharzsystemen wie Klebstoffe, Beschichtungen usw.
Isocyanate (aliphatische)	Härterkomponente von Polyurethansystemen wie Beschichtungen, Siegelacken
Oxime	Topfkonservierer für oxidativ härtende Öle/Farben, Spaltprodukt bei Dichtstoffen
Biozide	Wirkstoffe in Holzschutzmittel und Ausrüstungen gegen Schimmelbefall
Aldehyde	Konservierungsmittel in Farben, Harzbestandteil in Leimen
Methylmethacrylat	Harzbestandteil in Beschichtungsstoffen
Dibenzoylperoxid	Härter für Polyesterharze
Kolophonium, Terpene	Harzbestandteil in Beschichtungsstoffen, Lösungsmittel in Naturharzbeschichtungen
Metalle	Trinkwasserleitungen

In der folgenden Tabelle sind für Allergene in Baumaterialien Richtwertempfehlungen mit unterschiedlichen Gewichtungsfaktoren zusammengefasst, sie gelten für Atopiker und auf Chemikalien sensibel reagierende Personen.

Tab. A.4: Richtwertempfehlungen für Allergene (nach Diel et al. 2002)

Allergen	Richtwertempfehlung (für Atopiker)
Formaldehyd ⁵¹	30 µg/m ³ (0,025 ppm)
Pyrethrum/Pyrethroide ⁵²	3 mg/kg
Terpene ⁵³	30 µg/m ³
Isocyanate	0,14 µg/m ³ (0,02 ppb)

Tab. A.5: Punkteskala für die Bewertung von Allergenen (nach Diel et al. 2002)

Typ	Basispunkte	Charakterisierung
Sensibilisierung (anaphylaktisch) + andere Toxizität (z.B. kanzerogen)	5	Akute allergische Allgemeinreaktion
Typ I + Typ IV Allergen	4	Typ I: Antikörper vermittelte Sofortreaktionen; damit assoziierte Krankheitsbilder sind allergischer Schnupfen, allergisches Bronchialasthma sowie Erscheinungsformen an der Haut wie Nesselsucht bzw. atopische Dermatitis (Neurodermitis); Umweltmedizinisch von hoher Relevanz Typ IV: Zellvermittelte verzögerte Reaktion, meist verursacht durch kleine Moleküle. Krankheitsbilder sind Kontaktekzeme; Arbeitsmedizinisch bedeutend
Typ I Allergen	3	
Typ IV Allergen	2	
Pseudoallergie	1	Allergieähnliche Reaktionen mit äußeren Zeichen einer allergischen Erkrankung (Hautausschläge) aber fehlender Antigen-Antikörper-Reaktion
Indirekt Allergie auslösend	1	Baumaterialien, welche das Wachstum/Verteilung von Mikroorganismen oder (direkter) Allergene begünstigen
Sonstige Typen allergischer Reaktionen	1	

Die Art der Einwirkung (Exposition) und zusätzliche Faktoren wie z.B. die synergistische Wirkung werden wie folgt gewichtet:

⁵¹ Ein OEL (occupational exposure limit) von 0,3 ppm wurde empfohlen. Die Autoren berechneten 1/10 dieses Levels – 0,03 ppm (= 0,36 mg/kg) – als Sicherheitsbereich.

⁵² Ausgehend von NOELs im Bereich von 10-1000 mg/kg wird ein Grenzwert von 3 mg/kg veranschlagt.

⁵³ Obgleich Expositionen gegenüber Terpenen von bis zu 214 mg/m³ keine Veränderungen der Lungenfunktion bewirkten, wird ein Grenzwert von 30 mg/m³ empfohlen, was einem Fünftel des Schwedischen OEL von 150 mg/m³ entspricht.

Tab. A.6: Art der Einwirkung und von zusätzlichen Faktoren

	Faktor
Inhalativ und/oder Aerosol	2
Kombinierte Wirkungen (Synergist)	1,5
Aerosol nach Alterung und /oder Abrieb	1,5
Zusätzliche Allergene	1,5
Sonstige die allergischen Symptome unterstützende Einflüsse	1,5

Somit ergibt sich für einen Stoff aufgrund des allergenen Potenzials, der Art der Einwirkung und zusätzlicher Faktoren eine maximale Punktezahl von $5 \times 2 \times 1,5 \times 1,5 \times 1,5 = 34$

Tab. A.7: Bewertungsbeispiele

Bewertungsbeispiele	Beispiel 1	Beispiel 2	Beispiel 3
	Eine formaldehydhaltige Holzfaserplatte mit terpenhaltiger behandelt	Ein Lehmanstrich für die Gebäudeaußenwand beinhaltet mehr als 500 mg/kg Ni sowie Cr und Co	Ein mit Pyrethrum/PBO behandelter und SVOC emittierendem Fixiermittel fixierter Baumwollteppich
Punktwert nach Tab A.5	5 (Kanz. Kat. 3)	2 (Typ IV bzw. Kontaktallergen)	2 (schwaches Kontaktallergen)
Inhalative Einwirkung oder Aerosol nach Tab. A.6	2 (inhalativ)	-	2 (Hausstaubaerosol)
Kombinierte Wirkung (Synergist) nach Tab. A.6	-	-	1,5 (Kombinationswirkung mit PBO)
Aerosol nach Alterung und/oder Abrieb nach Tab. A.6	1,5 (Aerosol nach Alterung)	-	-
Zusätzliche Allergene (Tab.A.6)	1,5 (Terpen)	1,5 (zusätzliche Kontaktallergene)	1,5 (Lanolin)
Sonstige die allergischen Symptome unterstützende Einflüsse (Tab.A.6)	1,5*	-	-
Gesamtscore	34	3	9

* Im Dokument fehlt eine Erklärung darüber, welcher Art diese unterstützenden Einflüsse sind.

Zur abschließenden Beurteilung des Bauproduktes durch die oben beschriebene Punktwertung werden Bereiche definiert. Zu berücksichtigen ist, dass die tatsächliche Wirkung bei Allergenen sehr von der individuellen Empfindlichkeit abhängt. Die Vererbbarkeit (Atopie) kann die allergotoxikologische Bewertung beeinflussen, sodass der Kontakt mit einem Allergen für ein Individuum bzw. dessen Familie höchst relevant ist, für andere Personen jedoch überhaupt nicht. Deshalb betonen die AutorInnen, dass die Punktebewertung nur eine grobe Orientierung geben kann.

Tab. A.8: Abschließende Beurteilung eines Bauproduktes hinsichtlich des Allergiepotentials

Punktezahl (Gesamtscore)	Wertung
1-4	kein oder schwaches Allergiepotential
5-10	relevantes Allergiepotential
11-20	erhöhtes Allergiepotential
> 20	hohes Allergiepotential

A3.3 BAUTOX-INDEX BTI

Diese Bewertungsmethode wurde für die Bewertung des ökotoxikologischen Potenzials von Baukonstruktionen entwickelt bzw. in einer Machbarkeitsstudie (Kasser 2001) erläutert. Bewertet werden dabei "Grundstoffe", d.h. die Inhaltstoffe von Bauprodukten, diese selbst sowie deren "Konstruktionen" (z.B. verlegte Spanplatten). Die Bewertung ist jeweils normiert und bezieht sich auf 1 kg Stoff oder Produkt, bei Konstruktionen auf die je m² verarbeitete Produktmenge.

Basis der Bewertung bilden die R-Satz-Kennzeichnungen R20 bis R67, welche Wirkungen auf die Gesundheit und die Umwelt beschreiben. In der folgenden Tabelle ist die Gewichtung des Gefährdungspotenzials – ausgehend von den Grundsätzen der europäischen Stoff- und Produktkennzeichnung – am Beispiel Formaldehyd erläutert. Formaldehyd ist laut EU Gesetzgebung mit der R-Satzkombination 23/24/25-34-40-43 zu kennzeichnen und ist somit "Giftig beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut" (R23/24/25), "verursacht Verätzungen" (R34), es besteht ein "Verdacht auf krebserzeugende Wirkung" (R40) und eine "Sensibilisierung durch Hautkontakt ist möglich" (R43). Diese Einstufung bedingt eine Kennzeichnung des Produktes, wenn die Formaldehydkonzentration bestimmte Konzentrationsgrenzwerte im Produkt überschreitet. Eine Formaldehyd enthaltende Zubereitung ist etwa zwingend mit R23/24/25 einzustufen, wenn dessen Konzentration den Grenzwert von 3% übersteigt. Die reziproken Werte dieser Konzentration werden – auf 1 normiert – zur Gewichtung der Schwere der dem Stoff bzw. Produkt inhärenten Wirkungen herangezogen, im genannten Fall hat der Gewichtungsfaktor den Wert 33. Für Stoffeigenschaften, die bei geringeren Konzentrationen eine Produktkennzeichnung bedingen, wie etwa das Potenzial zur Sensibilisierung (1%), ergibt sich ein höherer Gewichtungsfaktor.

Die Gewichtungsfaktoren werden für den Stoff, für das den Stoff enthaltende Produkt (kg Spanplatte) bzw. für die Konstruktion (kg Spanplatten pro m²) errechnet. Angaben wie Konzentration des Stoffes im Produkt sowie die je m² verwendete Produktmenge sind demnach zur Berechnung erforderlich. Der Gesamtindex BTI₀ addiert sich über die Werte aus den einzelnen R-Sätze. Je m² verlegter Spanplatte ergibt sich somit ein vom enthaltenen Formal-

dehyd abgeleiteter dimensionsloser Indexwert von 181 (rechte Spalte in der folgenden Tabelle).

Tab. A.9: Berechnungsbeispiel des Bautox-Index BTI_0 für Formaldehyd, Spanplatten und Konstruktionen aus Spanplatten (Kasser 2001)

Bezugsgröße	Berechnungs- und Kennzeichnungssystem						
	R23	R24	R25	R34	R40	R43	Total
Formaldehyd	R23	R24	R25	R34	R40	R43	Total
Verdünnungsfaktoren	0,03	0,03	0,03	0,05	0,05*	0,01	-
Gewichtungsfaktoren (reziproke Werte)	33	33	33	20	20	100	239
Normalisierung pro Gramm Formaldehyd	33	33	33	20	20	100	239
1 kg Spanplatte Lignum CH 6.5 (enthält 65 mg freies Formaldehyd)	2,1	2,1	2,1	1,3	1,3	6,5	15,5
18 mm Spanplatte (11,7 kg/m ²)	25	25	25	15	15	76	181

* Der im Quelldokument angeführte Wert für den Verdünnungsfaktor ist nicht nachvollziehbar, da für Produkte, welche Stoffe mit R40 enthalten, ab einer Konzentration von 1% eine Einstufung mit R40 erforderlich ist, was in diesem Fall einen Wert von 0,01 entsprechen würde.

Um eine bessere Interpretation des Index zu ermöglichen, werden Wirkungen ähnlicher Art zu sieben Gruppen zusammengefasst. Außerdem integriert der Ansatz eine vereinfachte Beschreibung bzw. Differenzierung der Mobilität in drei Mobilitätskategorien "gering" (3), "mittel" (2) und "hoch" (1). Schließlich wird der Zeitpunkt des möglichen Eintretens der Gefährdung in eine Verarbeitungsphase sowie in eine Nutzungs-/Entsorgungsphase unterteilt (siehe folgende Tabelle). Gemeint ist damit derjenige Abschnitt im Produktlebenszyklus, in dem eine Wirkung eintreten kann. So wird berücksichtigt, dass in der Verarbeitungsphase Stoffe chemisch abbinden bzw. Lösungsmittel in einem beträchtlichen Ausmaß (VOC zwischen 95 und 99%) bereits in der Verarbeitungsphase verdunsten.

Tab. A.10: BTI_o Differenzierungen (Kasser 2001)

R-Satz-Wirkungsgruppen	Mobilitätskategorien (MK)	Zeitpunkt des Gefahrenpotenzials
Akute orale Toxizität (O)	MK 1: Wasserlöslichkeit ≥ 100 mg/l Dampfdruck $\geq 0,001$ mbar (20°C)	Verarbeitungsphase (VP): Alle Stoffe, die nach der Verarbeitung chemisch abbinden, 99% der Lösungsmittel Sdp. $\leq 250^\circ\text{C}$ sowie 95% der Lösungsmittel $\geq 250^\circ\text{C}$ plus BTI-V von allen Substanzen
Akute Toxizität über Atemwege (I)	MK2w: Wasserlöslichkeit ≥ 100 mg/l Dampfdruck $\leq 0,001$ mbar (20°C)	Nutzungs- und Entsorgungsphase (NEP): Alle Stoffe, die nach der Verarbeitung noch in der Konstruktion vorhanden sind sowie die entsprechenden Anteile Lösungsmittel
Akute Toxizität für Haut und Augen (H&A)	MK2l: Wasserlöslichkeit ≤ 100 mg/l Dampfdruck $\geq 0,001$ mbar (20°C)	
Chronische Toxizität (C)	MK 3: Wasserlöslichkeit ≤ 100 mg/l Dampfdruck $\leq 0,001$ mbar (20°C)	
Teratogene Wirkungen (T)		
Wirkungen auf Umwelt und Ozonschicht (U)		
Gefahren bei der Verarbeitung (V)		

In Tabelle A.11 und A.12 sind zwei Typen von Fußböden samt Aufbau entsprechend dem Bautox Konzept durchgerechnet bzw. bewertet. In Tabelle A.11 ist als Beispiel ein PVC Bodenbelag gerechnet. In der Machbarkeitsstudie wird festgestellt, dass für PVC keine individuellen Produktdaten verfügbar waren, sondern die Angaben einer Standardrezeptur für Bodenbeläge aus einem technischen Handbuch übernommen wurden. Dabei wird angenommen, das der PVC Boden 500 g Dioctylphthalat (98.000 BTI_o), 6 g Bleistabilisator (6.000 BTI_o) und 130 g Schwarzpigment aus Mangan (ca. 6.000 BTI_o) je m² enthält. Zum Vergleich wird in A.12 der Fußbodenaufbau eines Linoleumbodens bewertet.

Analyse und Gegenüberstellung der Bewertungen für einen PVC Boden sowie einem Linoleum Boden samt Aufbauten

PVC Boden (Tabelle A.11): 99% (130.052) des gesamten Schadstoffpotenzials von 131.280 wird der Nutzungs- und Entsorgungsphase zugewiesen. Davon stammen 83% vom PVC Belag und 15% vom Anhydrit Fließmörtel im Bodenaufbau. Das Schadpotenzial des PVC Belag weist eine mittlere Mobilität hinsichtlich der Innenraumluft⁵⁴ auf (99.000, MK2l), die

⁵⁴ Der Bautox-Index bezieht die Mobilität auf die Gasphase insgesamt, im konkreten Fall ist dies aber synonym mit der Innenraumluft.

Mobilität des Schadpotenzials des Anhydrit Fließmörtels wird ebenfalls als "mittel" eingestuft, ist aber dem wässrigen Kompartiment zugewiesen (19.200; MK2w). Neben dem PVC Belag und dem Anhydrit Mörtel tragen die übrigen Komponenten nur wenig zum gesamten Schadpotenzial bei (PVC Kleber:1%; EPS Platte: 1,7%). Aus Sicht der Einzelstoffe geht die Hauptschadwirkung von den im PVC Belag enthaltenen "Diethylphthalaten" aus, deren Gehalt mit 500 g je m² kalkuliert wird. Diese Angaben beziehen sich auf eine Rahmenrezeptur und nicht auf Herstellerangaben. Sehr wahrscheinlich beruht die Kalkulation auf Bis-(2-diethylhexyl)phthalat (DEHP), welches mit den R-Sätzen R60 ("Kann die Fortpflanzungsfähigkeit beeinträchtigen") und R61 ("Kann das Kind im Mutterleib schädigen") zu kennzeichnen ist. Daraus ergibt sich – bei einem Konzentrationsgrenzwert zur Produktkennzeichnung von 0,5% – ein Gewichtungsfaktor von 200 und ein Index von 100.000 je m², was mit der Tabellenangabe (102.960) weitgehend übereinstimmt. Die Wirkung ist auch der teratogenen Wirkungsgruppe (T) zugeordnet.

Linoleum Boden (Tabelle A.12): 60% (21.628) des gesamten Schadstoffpotenzials von 35.749 wird der Nutzungs- und Entsorgungsphase zugewiesen. Dazu trägt der Linoleumboden bzw. der Kleber nichts bzw. sehr wenig bei. Das Schadpotenzial rührt von dem im Aufbau enthaltenen Anhydrit – Fließmörtel her und ist nicht für die Innenraumluft relevant (MK2w: mittlere Mobilität im wässrigen Kompartiment). Wahrscheinlich beruht das Schadpotenzial auf den Gehalt von Cr^{VI} im Fliesmörtel, es ist jedenfalls der Wirkungsgruppe "Akute Toxizität für Haut und Augen" zugeordnet.

Vergleich PVC/Linoleum und Schlussfolgerungen: Vergleicht man jeweils das gesamte errechnete Schadstoffpotenzial beider Systeme, so besitzt der PVC Boden mit einem Wert von 131.280 gegenüber 35.749 beim Linoleum einen etwa um den Faktor 3 höheren Gesamtindex, der im wesentlichen vom teratogenen Wirkpotenzial der darin enthaltenen Menge an Phthalat herrührt.

Die Bewertung beschreibt in Hinblick auf die Innenraumluft qualitativ korrekt die Problematik von PVC Böden, die im wesentlichen in einem dauernden und diffusen Freisetzungspotenzial von Phthalaten aus PVC herrührt. In Hinblick auf eine mögliche Substitution oder Verringerung der in PVC eingesetzten Phthalate würde das Konzept aufgrund der Quantifizierungen einen Anreiz schaffen. Demgegenüber stehen Informations- und Deklarationslücken bei Fertigwaren, die nicht der Kennzeichnungspflicht von Chemikalien und Zubereitungen unterliegen. Mit diesem Mangel müsste sich aber grundsätzlich jedes andere Bewertungssystem auseinandersetzen.

Tab. A.11: Bewertung eines Fußbodens aus PVC samt Aufbau (Kasser 2001)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Beschrieb	Produkte	kg/m ²	BTI ₀	O	I	H&A	C	T	U	V	MK1	MK2w	MK2I	MK3	VP	NEP
Zement Beton CEM, 2300 kg/m ³ , 25 cm		575	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EPS-Platte Blancolit, 20 kg/m ³ , 12,7 cm	Standard-EPS	2,54	2286	0	0	2286	0	0	0	0	0	0	0	2286	0	2286
Bitumentrennlage, 0,7 kg/m ² , 0,7 mm	F3im	0,70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Anhydrit Fliesmörtel 830, 2000 kg/m ³ , 3cm	Fixit 830	60	19200	0	0	19200	0	0	0	0	0	19200	0	0	0	19200
PVC-Klebstoff 375 g/m ²	Brigatex 382	0,38	1238	0	188	750	0	0	0	300	1238	0	0	0	1228	9
PVC-Belag 2 mm	Novilon Viva	1,65	108557	686	4910	0	0	102960	0	0	0	0	99000	9557	0	108557
GESAMT			131280	686	5098	22236	0	102960	0	300	1238	19200	99000	11843	1228	130052

Tab. A.12: Bewertung eines Fußbodens aus Linoleum samt Aufbau (Kasser 2001)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Beschrieb	Produkte	kg/m ²	BTI ₀	O	I	H&A	C	T	U	V	MK1	MK2w	MK2I	MK3	VP	NEP
Zement Beton CEM 330, 2300 kg/m ³ , 25 cm		575	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EPS-Platte Blancolit, 20 kg/m ³ , 12,7 cm	Standard-EPS	2,54	2.286	0	0	2286	0	0	0	0	0	0	0	2286	0	2286
Bitumentrennlage, 0,7 kg/m ² , 0,7 mm	F3im	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Anhydrit Fliesmörtel 830, 2000 kg/m ³ , 3cm	Fixit 830	60,0	19200	0	0	19200	0	0	0	0	0	19200	0	0	0	19200
Linoleumklebstoff 450 g/m ²		0,45	14263	11324	74	74	0	0	2700	90	11473	0	2790	0	14121	142
Linoleum 2,5 mm		3,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GESAMT			35749	11324	74	21560	0	0	2700	90	11473	19200	2790	2286	14121	21628

A4 TOOLS IM ARBEITSSCHUTZ

A4.1 ALLGEMEINES

Der ArbeitnehmerInnenschutz hat in Deutschland und Österreich zu einer Bereitstellung von Tools geführt, die für sich oder in Kombination zu einer Verringerung gesundheitlicher Gefährdungen durch chemische Stoffe am Arbeitsplatz beitragen sollen. Im wesentlichen können die Tools zwei Konzepten zugeordnet werden:

- Luftgrenzwerte am Arbeitsplatz,
- Ersatzstoffprüfung.

A4.2 LUFTGRENZWERTE AM ARBEITSPLATZ

A4.2.1 Allgemeines

In Österreich werden die Luftgrenzwerte durch die Stoffliste der Grenzwertverordnung 2003 des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit festgelegt.

In Deutschland werden Luftgrenzwerte von der Deutschen Forschungsgemeinschaft vorgeschlagen, vom Ausschuss für Gefahrstoffe geprüft und in der TRGS 900 veröffentlicht. Die Einträge der TRGS 900 sind im Regelfall auf Einzelstoffe bezogen, neben den Luftgrenzwerten (in mg/m³ bzw. ppm) beinhaltet die TRGS 900 Hinweise auf Hautresorption, Haut- und Atemwegsensibilisierung sowie auf kanzerogenes, mutagenes und fortpflanzungsgefährdendes Potenzial.

Ein großer Teil der Einträge der Grenzwertverordnung 2001 und denen der TRGS 900 sind identisch, im Regelfall werden Erstere aus Letzterer übernommen. In den genannten Regelungen wird zwischen zwei Typen von Grenzwerten unterschieden – den MAK-Werten und den TRK-Werten.

A4.2.2 MAK-Werte

Ausgehend von vorliegenden epidemiologischen Erfahrungen oder geeigneten Tierversuchen werden Luftgrenzwerte abgeleitet, die bei Einhaltung nach aktuellem Wissensstand schädliche Auswirkungen auf die Gesundheit von ArbeitnehmerInnen ausschließen. MAK-Werte sind somit toxikologisch bzw. arbeitsmedizinisch begründete Grenzwerte.

A4.2.3 TRK-Werte

TRK Werte gelten nur für krebserzeugende oder erbgutverändernde Stoffe der Kategorie 1 und 2, für die es grundsätzlich nicht möglich ist, arbeitsmedizinisch-toxikologisch begründete Grenzwerte anzugeben. Bei Einhaltung der Werte kann davon ausgegangen werden, dass ein Krebsrisiko zwar vermindert, aber nicht ausgeschlossen ist.

A4.3 INSTRUMENTE ZUR ERSATZSTOFFPRÜFUNG

Das österreichische ArbeitnehmerInnenschutzgesetz (AschG) fordert in § 4 ganz allgemein, dass die für Sicherheit und Gesundheit bestehenden Gefahren vom Arbeitgeber zu ermitteln, zu beurteilen und gegebenenfalls Maßnahmen zur Gefahrenverhütung festzulegen sind. Ein entsprechendes Tool zur Gefahrstoffbewertung wurde von der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt erstellt und in einer Broschüre des Unfallverhütungsdienstes veröffentlicht (Merkblatt der AUVA Evaluierungsreihe). Die darin dargestellte Bewertungsmethode wird hier als "AUVA-Modell" bezeichnet.

Die deutsche Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) sieht in § 16 vor, dass der Arbeitgeber zu prüfen hat, ob für den vorgesehenen Anwendungszweck weniger gefährliche Produkte erhältlich sind bzw. ob deren Einsatz vertretbar ist. Zum Zweck der Gefahrstoffbeurteilung werden in der Technischen Regel für Gefahrstoffe – TRGS 440 zwei Instrumente (Spalten Modell bzw. Wirkfaktoren-Modell) zur Verfügung gestellt. Alle genannten Methoden versuchen die komplexen toxikologischen und physikalisch-chemischen Eigenschaften bzw. Wirkungen von Arbeitsstoffen auf eine vereinfachte Weise darzustellen und sind für eine praktische Anwendung ausgelegt. Die Zielsetzung (Ersatzstoffprüfung) impliziert, dass die Methoden Produktvergleiche ermöglichen.

A4.3.1 AUVA-Modell

Das AUVA-Modell stellt sozusagen für die Forderung § 4 AschG nach Ermittlung und Beurteilung von Gefahren und Festlegung von Maßnahmen eine konkrete Methode bereit. Das Modell ist grundsätzlich dem Spalten- und Wirkstoff-Modell vergleichbar, es eignet sich auch für Produktvergleiche. Daneben liefert das Bewertungsergebnis auch ohne Vergleiche Hinweise auf einen möglichen Handlungsbedarf (Ersatz).

Vorweg werden in den zu bewertenden Handelsprodukten "repräsentative Leitkomponenten" ermittelt. Dabei handelt es sich um die Stoffe mit der höchsten Risikoeinstufung und/oder mit der höchsten Verbrauchsmenge. Die weitere Evaluierung wird anhand dieser Leitkomponente durchgeführt, somit begründet sich die Bewertung auf Stoffeinstufungen. Außer Inhaltsstoffen werden auch Zersetzungsprodukte berücksichtigt.

Die "Leitkomponente" eines Acrylharzes stellt etwa n-Butylacrylat dar.

Tab. A.13: Daten als Grundlage für das AUVA-Modell

Handelsprodukt	Inhaltsstoffe/ Zersetzungsstoffe	MAK, TRK (mg/m ³)	Verbrauch /Zeiteinheit a	R-Sätze	Brandgefahr
Acrylharz	n-Butylacrylat	53 (MAK)	500 kg	10-36/37/38-43	Ja

^a Bei Zersetzungs- oder Umwandlungsprodukten die pro Zeiteinheit Menge freigesetzter Stoffe

Zur Bewertung der Gesundheitsgefährdung unterscheidet das Modell zwischen akuter (W_a) und chronischer Wirkung (W_{ch}). Die Bewertung der Wirkungen erfolgt anhand eines Punktesystems, die Punkteanzahl korreliert mit der "Schwere" der Wirkung:

Tab. A.14: Bewertungskriterien für die gesundheitlichen Wirkungen

Chronische Wirkungen (W _{ch})			Akute Wirkungen (W _a)		
Art der Wirkung	R-Sätze	Punkte	Art der Wirkung	R-Sätze	Punkte
Kummulativ	R33	4	Reizend	R36, R37, R38	2
Möglicherweise reproduktions-, fötotoxisch	R62, R63, R64		gesundheitsschädlich	R20, R21, R22	4
CMR Kat.3	R40	12	Giftig	R23, R24, R25	8
Sensibilisierung	R42, R43, S		Ätzend	R34	
Reproduktions-, fötotoxisch	R60, R61	16	Sehr giftig	R26, R27, R28	16
CMR Kat 1 & 2	R45, R46, R49	32	Schwer ätzend	R35	

Die Wirkung mit der höchsten Punkteanzahl wird – für chronisch (W_{ch}) bzw. akut (W_a) separat ermittelt – zur weiteren Berechnung herangezogen. Die Exposition wird bei Flüssigkeiten durch den Dampfdruck bzw. bei Feststoffen durch die Körnung (Feststoffen) beschrieben und als Freisetzungsvermögen bezeichnet. Dabei nimmt die Exposition mit zunehmendem Dampfdruck bzw. abnehmender Körnung des Arbeitsstoffes zu.

Tab. A.15: Freisetzungsvermögen (F)

Dampfdruck (mbar bzw. hPa)	Körnung	Punkte
< 2	Sehr grobe Körnung (> 100 um)	1
2 bis 10	Mittlere Körnung (< 100um)	1,5
10 bis 50	Feine Körnung (< 10um)	2
50 bis 250	Sehr feine Körnung (<1 um)	2,5
≥ 250	Feinstpartikel (< 0,1 um)	3

Die Risikobewertung kombiniert alle Teilergebnisse zu einer einzigen Kenngröße R_{Stoff}⁵⁵:

$$R_{\text{Stoff}} = (W_a + W_{\text{ch}}) * F$$

Je größer R_{Stoff} ist, desto riskanter ist die Anwendung des Arbeitsstoffes. Zusätzliche Hilfestellung bei der Interpretation des Punkteergebnisses gibt folgende Einteilung in Risikoklassen.

⁵⁵ Zusätzlich werden durch das Modell über ein Punktesystem Risiken abgeschätzt, die aus der Arbeitsplatzsituation an sich entstehen (z.B. Absaugung, Raumbelüftung, Augen- Hautkontakt, Dauer der Exposition, Zahl der Mitexponierten Personen usw.). Diese werden anhand einer Zahl (R_{Arbeitsplatz}) beschrieben.

Tab. A.16: Risikoklassen

R_{Stoff}	Risikoklasse	Maßnahmen
0-4	1	unauffällige Arbeitssituation
5-8	2	langfristige Maßnahmen
9-16	3	mittelfristige Maßnahmen
>16	4	Ersatz des Arbeitsstoffes

A4.3.2 Spalten-Modell

Das Spalten-Modell wird in der TRGS 440, Smola und Kessler (2000) und in einem Leitfaden des deutschen Industrieverbandes Klebstoffe e.V. (2000) beschrieben, die folgenden Erläuterungen folgen dem letztgenannten Dokument. Das Spalten-Modell bewertet anhand von fünf voneinander unabhängigen Kategorien ("Spalten"): akute und chronische Gesundheitsgefahren; Umweltgefahren; Brand- und Explosionsgefahren; Gefahren durch Freisetzungverhalten und Gefahren, die durch das Verfahren und die Handhabung entstehen. Während die ersten vier Kategorien Stoffeigenschaften beschreiben, handelt es sich bei der fünften um eine am Prozess- bzw. Verfahren orientierte Bewertung.

Das Spalten-Modell bewertet anhand der ermittelten Produkteigenschaften (Einstufung der Zubereitung) und geht nicht von Inhaltsstoffen aus. Gefährdungen werden hauptsächlich auf Basis von R-Sätzen ermittelt, die einer von 5 Gefährdungsklassen ("vernachlässigbar" bis "sehr hoch") zugeordnet sind. Die Exposition wird, sofern es sich um Flüssigkeiten handelt, durch den Dampfdruck der Zubereitung beschrieben, es werden aber auch (nicht)staubende Feststoffe und Aerosole klassiert.

Tab. A.17: Bewertungskriterien des Spalten-Modells

Gefährdung	Gesundheitsgefahren		Freisetzungsverhalten (Dampfdruck in mbar/20°C) Sonstiges	Prozesseinflüsse
	Akut	Chronisch		
Sehr hohe	R: 26, 27, 28, 32	CM Kat. 1 & 2 ($\geq 0,1\%$) R: 45, 49, 46, 39	> 250 staubende Feststoffe Aerosole	Offene Verarbeitung, Möglichkeit direkter Hautkontakt, großflächige Anwendung
Hohe	R: 23, 24, 25, 35, 29, 31, 42, 43; Sh, Sa	Repr. Kat. 1 & 2 ($\geq 0,5\%$) CM Kat. 3 ($\geq 1\%$) R: 60, 61, 40, 33	50-250	
Mittlere	R: 20, 21, 22, 34, 41	Repr. Kat. 3 ($\geq 5\%$) RE3, Rf3, R: 62, 63	10-50	Geschlossene Verarbeitung mit Expositionsmöglichkeiten
Geringe	R: 36, 37, 38, 65, 66, 67	Keine R Sätze	2-10	Persönliche Schutzausrüstung
Vernachlässigbar	Keine R Sätze	Erfahrungsgemäß ungefährlich	< 2 nichtstaubende Feststoffe	Geschlossene dichte Anlage bzw. mit Absaugung an den Austrittstellen

Für die Anwendung des Modells ist es erforderlich, dass Prüfdaten zur akuten Toxizität, Hautreizung, Schleimhautreizung und zum mutagenen Potenzial vorliegen. Der Arbeitgeber erhält daraus für das verwendete Produkt und potenzielle Ersatzprodukte Gefährdungsprofile. Da laut Bewertungsmodell die Bewertungen der Kategorien nicht weiter aggregiert werden, ist die Entscheidung darüber, wann ein Ersatzprodukt einzusetzen ist, nicht trivial. Die AutorInnen empfehlen dazu in der TRGS 440 folgende Vorgehensweise: Vergleichende Bewertungen dürfen immer nur innerhalb einer Spalte und keinesfalls innerhalb einer Zeile vorgenommen werden. Dabei zählen die Spalten "akute Gesundheitsgefahren" und "chronische Gesundheitsgefahren" als eine Spalte.

Grundsätzlich sind geringe Unterschiede der Gefährdungsstufen beim Spaltenmodell nur dann ein Argument für einen Ersatzstoff, wenn die Datenlage bei dem Ersatzstoff ähnlich gut ist wie bei dem zu ersetzenden Stoff. Schneidet das potenzielle Ersatzprodukt in allen fünf Spalten besser ab als das verwendete Produkt, ist die Ersatzstofffrage eindeutig geklärt. Ein Unterschied von einer Gefährdungsstufe kann mitunter beim Vorliegen entgegenstehender Gründe dazu führen, dass der Ersatzstoff nicht eingesetzt wird. Liegen Unterschiede von zwei oder mehr Gefährdungsstufen vor, müssen schon gewichtige Gründe vorliegen, dass der Ersatzstoff nicht eingesetzt wird. Der Regelfall wird jedoch sein, dass das potenzielle Ersatzprodukt in einigen Spalten besser, aber auch in einer oder zwei Spalten schlechter abschneidet. Dann obliegt es dem Verbraucher zu beurteilen, welche Gefahreigenschaften, d.h. welche Spalten, für ihn das größere Gewicht haben. Lassen sich beispielsweise bei der Produktverarbeitung Zündquellen nicht ausschließen, wird man verstärkt auf die Brand-

und Explosionseigenschaften sowie das Freisetzungsverhalten der Produkte achten müssen. Entstehen bei der Verarbeitung größere Mengen Abfälle, haben die Umweltgefahren ein größeres Gewicht usw. Auf jeden Fall muss der Anwender seine Entscheidung in geeigneter Weise dokumentieren (TRGS 440, Anhang 2).

A4.3.3 Wirkfaktoren-Modell

Das Wirkfaktoren-Modell, welches die TRGS 440 neben dem Spalten-Modell für die Ersatzstoffprüfung zur Auswahl stellt, berücksichtigt anteilig alle im Sicherheitsdatenblatt gelisteten (gefährlichen) Inhaltsstoffe. Deren R-Sätze und sonstigen kritischen Eigenschaften wie pH-Wert, Fähigkeit zur Hautresorption und Luftgrenzwerte (MAK, TRK) werden dabei als Wirkfaktoren (W) abgebildet, deren Höhe ein Maß für die humantoxikologische Gefährdung darstellt.

Tab. A.18: Bewertungskriterien für das Wirkfaktorenmodell

	Wirkfaktor (W)
R45, R46, R49, M1, M2, K1, K2	50.000
R26, R27, R28, Luftgrenzwert < 0,1 mg/m ³	1.000
R32, R60, R61, RE1, RE2, RF1, RF2	
R35, R48/23, R48/24, R48/25, R42, R43	
Keine Daten oder Erfahrungen zum Endpunkt Hautsensibilisierung, kein Luftgrenzwert	500
R23, R24, R25, R29, R31, R34, R41, H nach TRGS 900	
R33, R40, R68, K3, M3, pH < 2 bzw. > 11,5	100
Keine Daten und Erfahrungen zu den Endpunkten akute Toxizität, Toxizität bei wiederholter Applikation, Hautreizung, Schleimhautreizung oder erbgutveränderndes Potenzial und auch kein Luftgrenzwert	
R48/20, R48/21, R48/22, R62, R63, RE3, RF3	50
R20, R21, R22	10
R36, R37, R38, R65, R67	5
R66, Eingestuft (aber keines der genannten Kriterien) oder mit Luftgrenzwert > 100 mg/m ³	1
Stoffe mit bekanntermaßen geringen Gesundheitsrisiken	0
Luftgrenzwert (GW) zwischen 0,1 und 100 mg/m ³	100/GW

Umweltgefahren, das Freisetzungsverhalten oder Expositions- und Anwendungsbedingungen werden mit dem Wirkfaktoren-Modell nicht berücksichtigt. Führen mehrere Stoffeigenschaften zu einem W-Faktor, ist der jeweils höchste Wert für die Bewertung relevant. Für die Zubereitung errechnet sich der W-Faktor (W_Z) durch Addition der W-Faktoren der Inhaltsstoffe, jeweils gewichtet mit dem Anteil an der Zubereitung:

$$W_Z = W_A \times P_A + W_B \times P_B + W_C \times P_C + \dots \quad (P_A, P_B, P_C, \dots = \text{Prozentsatz}/100)$$

Wird W_z auf Basis der Rezeptur im Sicherheitsdatenblatt berechnet, wird bei Angaben einer unteren und oberen Konzentrationsgrenze die obere Grenze verwendet und zwar auch dann, wenn sich dabei ein Gesamtgehalt von mehr als 100% ergibt. Besteht ein Produkt aus mehreren Komponenten, so ist für Vergleiche die "risikoreichere" Komponente heranzuziehen. Bei Gebinden, mit denen eine Zwangsmischung erfolgt, ist der Mittelwert der Wirkfaktoren der Komponenten zu verwenden. Die AutorInnen empfehlen einen Ersatz umso so dringlicher zu erwägen, je größer der Quotient aus W-Faktor Produkt und W-Faktor Ersatzprodukt ist. Bei einem Verhältnis der W-Faktoren < 10 sollten weitere Gründe für den Einsatz des Ersatzstoffes geprüft werden. Ist der Wirkfaktor des verwendeten Produktes mindestens 10 mal so groß wie der Wirkfaktor des Ersatzproduktes, sollten schon gewichtige Gründe gegen eine Ersatzlösung sprechen.

A5 KENNZEICHNUNGSSYSTEME, PRÜF- UND UMWELTZEICHEN

A5.1 EINLEITUNG

Für Bauprodukte wurde eine Reihe von Kennzeichnungssystemen und Prüfzeichen entwickelt. Zu unterscheiden ist dabei, ob die technische (mechanisch-physikalisch) Qualität beurteilt wird oder ob gesundheitliche bzw. ökologische Kriterien im Vordergrund stehen. In der weiteren Betrachtung werden die technische Qualität des Bauproduktes betreffende Zeichen (CE-Kennzeichnung, RAL Zeichen) nicht berücksichtigt.

Die beträchtliche verbleibende Anzahl an Prüfzeichen weist keine Einheitlichkeit hinsichtlich der geforderten Kriterien auf. Häufig werden, um Produktvergleiche zu ermöglichen, die Kriterien auf Produkte mit gleichem Verwendungszweck (Produktgruppen, "use-cluster") bezogen. Beurteilt wird dabei einerseits nach den im Produkt vorhandenen Inhaltsstoffen oder Verunreinigungen (Ausschlusskriterien, Grenzwerte), andererseits nach den vom Produkt verursachten Emissionen, häufig erhoben über Prüfkammermessungen. Zahlreiche Zeichen kombinieren diese Zugänge in ihren Kriterien. Eine weitere, bisher nur in wenigen Prüfzeichen (z.B. natureplus, Österreichisches Umweltzeichen) umgesetzte Vorgangsweise versucht den gesamten Lebenszyklus des Produktes zu berücksichtigen, wodurch dann auch der Herstellungsprozess selbst Relevanz bekommt.

Da im vorliegenden Zusammenhang nur humantoxikologisch relevante Produkteigenschaften von Interesse sind, werden umweltrelevante Bewertungen nicht diskutiert. Umweltzeichen werden jedoch eingeschlossen, sofern sie neben ökologischen auch humantoxikologische Kriterien beinhalten.

A5.2 GISCODE⁵⁶

GISCODE ist eine Form von Produktcode, welcher sich auch als Hilfestellung für die Ersatzstoffprüfung eignet, wobei Bauprodukte für einen ähnlichen Einsatzzweck zu Gruppen zusammengefasst werden: GISCODE wird von GISBAU (Gefahrstoff Informationssystem der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft), einer Serviceeinrichtung der Berufsgenossen-

⁵⁶ www.gisbau.de

schaft der Bauwirtschaft verwaltet. Ziel ist der Einsatz schadstoffärmerer Produkte als Arbeitsschutzmaßnahme. Neben typischen Bauprodukten wie Verlegewerkstoffen, Oberflächenbehandlungsmittel, Farben und Lacken, Holzschutzmittel, Epoxidharz- und Polyurethansysteme sind auch Reinigungs- und Pflegemittel im System enthalten. Der GISCODE ist eine Buchstaben-Zahlenkombination, mit der eine Abstufung im Gefährdungspotenzial von Produkten ausgedrückt wird. GISCODE D1 bis D7 bezieht sich etwa auf Dispersions-Verlegewerkstoffe, wobei ein mit D1 gekennzeichnete Klebstoff für ein "lösemittelfreies" Produkt steht und z.B. einem mit D4 gekennzeichneten Produkt ("lösemittelarm, toluolhaltig") vorzuziehen ist. In der Praxis ordnen Hersteller eigenverantwortlich Codes zu und vermerken diesen in den Herstellerinformationen (Sicherheitsdatenblätter, Technische Merkblätter) bzw. auf dem Gebindeetikett. In den von GISBAU bereitgestellten Produktgruppeninformationen wird erläutert, wann eine Ersatzstoffsuche empfehlenswert erscheint. Aus den Codierungen kann auch auf die am Arbeitsplatz auftretende Gefahrstoffbelastung geschlossen werden: So ist etwa durch Arbeitsplatzmessungen bei Bodenbelags- und Parkettarbeiten nachgewiesen, dass bei der Verwendung von Vorstrichen und Bodenbelagsklebstoffen mit GISCODE D1 bis D3 die MAK-Werte im Regelfall unterschritten werden.

Unten stehende Tabelle führt die die Codierung bestimmenden Kriterien in den jeweiligen Produktgruppen, wie etwa das Vorhandensein oder die Abwesenheit "bedenklicher" Stoffe, Lösungsmittel oder diverser gefährlicher Stoffeigenschaften, an.

Tab. A.19: Produktgruppen und Kriterien für die Codierung nach GISCODE

Produktgruppe	Kriterien für Codierung
Dispersions-Verlegewerkstoffe	Lösemittelfrei, Lösemittelarm, Lösemittelhaltig, aromatenfrei, toluolfrei, methanolfrei, sensibilisierend, chromatarm
Oberflächenbehandlungsmittel für Parkett und andere Holzfußböden	Wasserverdünnbar, lösemittelfrei, lösemittelarm, lösemittelhaltig, stark lösemittelhaltig, entaromatisiert, aromatenhaltig
Farben und Lacke	Lösemittelfrei, entaromatisiert, aromatenarm, aromatenreich, terpenhaltig, wasserverdünnbar, lösemittelverdünnsbar, reizend, ätzend, hautresorptiv, sensibilisierend, methanolfrei, gesundheitsschädlich
Reinigungs- und Pflegemittel	Reizend, ätzend, lösemittelfrei, lösemittelhaltig, stark alkalisch, entaromatisiert, aromatenarm, aromatenreich, ohne bzw. mit H-Stoffen (=hautresorptiv)
Holzschutzmittel	Wasserverdünnbar, lösemittelhaltig, entaromatisiert, aromatenarm, aromatenreich
Kaltverarbeitbare Bitumenprodukte in der Bauwerksabdichtung	Aromatenarm, aromatenreich, lösemittelhaltig, lösemittelreich, gesundheitsschädlich
Betontrennmittel	Kennzeichnungsfrei, entaromatisiert, aromatenarm, entzündlich
Methylmetacrylat-Beschichtungsstoffe	Reizend, gesundheitsschädlich
Betonzusatzmittel	Kennzeichnungsfrei, reizend, ätzend
Zementhaltige Produkte	Chromatarm, nicht chromatarm
Epoxidharz-Systeme	Lösemittelfrei, lösemittelarm, lösemittelhaltig, sensibilisierend, gesundheitsschädlich, giftig, krebserzeugend
Polyurethan-Systeme	Lösemittelfrei, lösemittelhaltig, gesundheitsschädlich, sensibilisierend, hochentzündlich

Da Lösemittel- und Aromatengehalt wichtige Kriterien sind, ist es wichtig, genau zu definieren was darunter zu verstehen ist. Für Verlegewerkstoffe wird etwa die Definition aus der TRGS 610 zusammen mit einer Unterteilung in unterschiedliche Lösemittelgehalte übernommen. Nach einer der TRGS 900 entnommenen Definition gelten Produkte mit einem Aromatengehalt unter 1% als "aromatenfrei". Ein als "toluolfrei" eingestuftes Produkt darf zwar kein Toluol enthalten, dafür aber andere aromatische Kohlenwasserstoffe wie Xylol oder Ethylbenzol.

Um Produkte hinsichtlich ihrer sensibilisierenden, reizenden, ätzenden, giftigen oder krebserzeugenden Eigenschaften zu klassifizieren, wird auf R-Sätze zurückgegriffen, für die Stoffeigenschaft "Hautresorption" werden Einstufungen aus der TRGS 900 (Luftgrenzwerte) verwendet.

A5.3 EMICODE⁵⁷

EMICODE ist ein geschütztes Prüfzeichen der "Gemeinschaft Emissionskontrollierte Verlegewerkstoffe e.V. (GEV)" und eingeschränkt auf die Produktgruppe Verlegewerkstoffe, wie sie bei der Innenausstattung von Gebäuden an Boden, Wand und Decke Verwendung finden (Grundierungen, Spachtelmassen, Estrichwerkstoffe, Klebstoffe, Klebemörtel u.ä.). Ziel von EMICODE ist es, die Verbreitung emissionsarmer Qualitäten zu fördern. Während GISCODE in erster Linie auf den Arbeitsschutz abzielt, berücksichtigt EMICODE darüber hinausgehend das Langzeitemissionsverhalten und somit Belastungen, die für NutzerInnen entstehen.

Das gesamte Prüf- und Bewertungsverfahren ist standardisiert (GEV-Prüfmethode, GEV-Einstufungskriterien). An eine Emissionsprüfung in der Prüfkammer schließt sich eine gaschromatographische Analytik der dabei beprobten Raumluft an. Obwohl die Einstellungen in der Prüfkammer an reale Gebäudebedingungen angelehnt sind, lassen die dabei ermittelten Konzentrationen keine unmittelbare Aussage darüber zu, welche Belastung das geprüfte Produkt unter realen Gebäudebedingungen hervorruft.

Nach 24-stündiger Lagerung in der Prüfkammer wird die beprobte Raumluft anhand von Leitsubstanzen Benzol (CMR Kategorie 1), Acrylamid (Kategorie 2) und Acrylnitril (Kategorie 2) bzw. Formaldehyd (Kategorie 3), Acetaldehyd (Kategorie 3), Vinylacetat (Kategorie 3), 1,4-Dioxan (Kategorie 3) auf die Abwesenheit krebserzeugender und -verdächtiger Stoffe geprüft. Angenommen wird dabei, dass diese Substanzen nicht bewusst zugesetzt werden, sondern als ungewollte Verunreinigungen von Rohstoffen in die Produkte gelangen.

Zur Prüfung des Langzeitemissionsverhaltens wird nach 10 Tagen eine weitere Beprobung der Prüfraumluft durchgeführt, die nunmehr freigesetzten Stoffe werden erfasst, identifiziert und quantifiziert. Im Unterschied zur TVOC-Definition (ISO/DIS 16000-6 und VDI 4300-6) werden dabei alle im Gaschromatogramm sichtbaren Stoffe ausgewertet, wobei alle Stoffe bis zu einer Kettenlänge von mindestens 20 Kohlenstoffatomen erfasst werden. Die 10 größten identifizierten Signale werden mit stoffspezifischen Kalibrierfaktoren quantifiziert, alle sonstigen Stoffe als Toluol-Äquivalente berechnet. In die Berechnung der Summe organischer Stoffe (Totale Volatile Organic Compounds, TVOC_{GEV}) gehen alle analytischen Signale ein, die eine Luftkonzentration von mehr als 2 µg/m³ in der Prüfkammer aufweisen.

⁵⁷ www.emicode.de

Tab. A.20: EMICODE Schwellenwerte für Klassifizierungen

	Sehr emissionsarm EMICODE EC 1	Emissionsarm EMICODE EC 2	Nicht emissionsarm EMICODE EC 3
	TVOCGEV ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) *	TVOCGEV ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) *	TVOCGEV ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) *
Klebstoffe, Unterlagen	0-500	500-1500	> 1500
Spachtelmassen, Fliesen- und Fugenmörtel	0-200	200-600	> 600
Vorstriche, Grundierungen	0-100	100-300	> 300

* Die Emissionswerte beziehen sich auf die TVOC_{GEV} Messwerte nach 10 Tagen.

Für eine Klassifizierung müssen die Produkte zusätzlich auch noch folgende Anforderungen erfüllen:

- lösemittelfrei gemäß TRGS 610,
- CMR Stoffe nach TRGS 905 werden zur Herstellung nicht eingesetzt,
- nicht vermeidbare Spuren krebserzeugender oder krebverdächtiger Stoffe mit bestimmten, je nach Einstufung unterschiedlichen Grenzwerten.

Tab. A.21: EMICODE-Emissionsgrenzwerte krebserzeugender oder krebverdächtiger Stoffe

Einstufung	Stoffe	Max. Prüfkammerkonzentration nach 24h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Kat. 1	Benzol	2
Kat. 2	Acrylamid, Acrylnitril	10
Kat. 3	Formaldehyd, Acetaldehyd, Vinylacetat, 1,4-Dioxan	50

A5.4 DANISH CODE NUMBER SYSTEM

A5.4.1 Einleitung

Das Code Number System ist ein von der dänischen Behörde für Arbeitsschutz (Arbejdstilsynet) 1993 entwickeltes Bewertungssystem für flächig aufgetragene Handelsprodukte wie Farben, Lacke oder Kleber⁵⁸. Das Ergebnis der Bewertung ist ein Zahlencode bestehend aus zwei durch einen Bindestrich voneinander getrennten Zahlen. Grundsätzlich beschreibt der Code das beim Verarbeitungsprozess entstehende Risiko mittels toxikologischer Stoffeigenschaften und in Kombination mit deren Produktanteil und Flüchtigkeit. Daraus werden vorbeugende Arbeitsschutzmaßnahmen abgeleitet. Die *Zahl vor dem Bindestrich* (Tallet før Bindestrigen) beschreibt dabei das von flüchtigen Inhaltsstoffen (z.B. Lösungsmittel) verur-

⁵⁸ Der Rechenalgorithmus ist derzeit nur auf dänisch verfügbar (Dänische Behörde für Arbeitsschutz – Bilag til Arbejdstilsynets bekendtgørelse nr. 301 af 13. maj 1993), www.at.dk/sw6239.asp

sachte inhalative Gefahrenpotential. Die *Zahl nach dem Bindestrich* (Tallet after bindestregen) ist ergänzend dazu ein Maß für die von den Inhaltsstoffen durch Hautkontakt oder durch orale Aufnahme verursachten Effekte. Vom Danish Toxicology Centre wird dazu aktuell ein über das Internet zugängliche Tool zur Berechnung der Zahlen als Demo-Version angeboten (www.ic.dk/dkcodenum.htm). Dieses Tool erlaubt Herstellern eine "Selbsteinstufung" ihrer Produkte.

A5.4.2 Måleteknisk Arbejdshygiejnisk Luftbehov (MAL)

Das MAL ist ein Maß für den Bedarf an Luft (in m³), die erforderlich ist um alle in einem Liter Produkt enthaltenen flüchtigen Bestandteile so zu verdünnen, dass diese eine "ungefährliche" Konzentration aufweisen. Da es erforderlich ist, stark toxische Stoffe stärker zu verdünnen als mindertoxische, ist dieser Luftbedarf auch ein Maß für die Bedenklichkeit der zur Verdampfung befähigten Inhaltsstoffe. Die Berechnung erfolgt ausgehend von allen in einem Produkt enthaltenen Inhaltsstoffen i:

Formel 1: $MAL = d \cdot (\sum P(i)) \cdot \text{MAL-Faktor}$

d Dichte des Produktes (kg/l)

P(i) Gewichtsprozent des Inhaltstoffes i

MAL-Faktor: methodenspezifische Kenngröße (m³ Luft/10 g Stoff), die aus dem Dampfdruck und dem Arbeitsplatzgrenzwert GV (GV-Liste für Arbeitsplatzgrenzwerte⁵⁹) der jeweiligen Produktkomponente errechnet wird. Die Berechnung gibt Formel 2 wieder:

Formel 2: $\text{MAL-Faktor} = (k \cdot 10.000) / GV$

k vom Dampfdruck p der Komponente i abgeleiteter Faktor

GV Arbeitsplatzgrenzwert von Stoff i in mg/m³

Tab. A.22: Zusammenhang zwischen k und Dampfdruck (p)

k	p (mm Hg/ 20°C)
2	p > 200
1,4	10 < p ≤ 200
1	3 < p ≤ 10
0,7	1 < p ≤ 3
0,3	0,1 < p ≤ 1
0	p ≤ 0,1

⁵⁹ Dänische Behörde für Arbeitsschutz – Arbejdstilsynet: Grenzwerteliste ("Grænseværdier for stoffer og materialer"), www.arbejdstilsynet.dk/graphics/at/pdf/At-vejledninger/C01-GV-liste-oktober-2002.pdf

Für die MAL-Berechnung werden für eine Anzahl von Stoffen von der dänischen Behörde für Arbeitsschutz (Arbejdstilsynet) in einer Liste (*underbilag 1* unter: www.at.dk/sw6239.asp) MAL-Faktoren bereitgestellt. Ist für einen Stoff der MAL-Faktor in dieser Liste nicht enthalten, kann dieser auch nach Formel 2 aus Dampfdruck und Arbeitsgrenzwert (GV-Werte) berechnet werden. Arbeitsplatzgrenzwerte sind in der Grenzwerteliste der dänischen Behörde für Arbeitsschutz – Arbejdstilsynet ("Grænseværdier for stoffer og materialer" unter: www.arbejdstilsynet.dk/graphics/at/pdf/At-vejledninger/C01-GV-liste-oktober-2002.pdf) zu finden. Schließlich kann, wenn auch dort keine Daten vorliegen, entsprechend der folgenden Tabelle der MAL-Faktor auch auf Basis von Stoffeinstufungen (R-Sätze) und in Abhängigkeit vom Dampfdruck berechnet werden:

Tab. A.23: MAL Faktor in Zusammenhang mit Stoffeinstufungen und Dampfdruck

Eingestuft als	Dampfdruck (mm Hg / 20°C)	MAL-Faktor (m ³ Luft / 10 g Stoff)
sehr giftig	< 0,01	0
	≥ 0,01	20.000
Giftig	< 0,01	0
	≥ 0,01	20.000
Gesundheitsschädlich	< 0,1	0
	≥ 0,1	1.000
Reizend	< 0,1	0
	≥ 0,1	1.000
Ätzend	< 0,1	0
	≥ 0,1	2.000
R 42 (potenziell atemwegssensibilisierend)	< 0,01	0
	≥ 0,01	20.000
-	< 0,01	0
	≥ 0,01	50

Aus dem MAL wird entsprechend der folgenden Tabelle die erste der beiden Code-Zahlen (hier bezeichnet als "Zahl vor dem Bindestrich") abgeleitet:

Tab. A.24: Beziehung zwischen ermitteltem MAL und der "Zahl vor dem Bindestrich"

MAL (m ³ Luft/l Produkt)	"Zahl vor dem Bindestrich"
0 ≤ MAL ≤ 30	00-
30 < MAL ≤ 100	0-
100 < MAL ≤ 400	1-
400 < MAL ≤ 800	2-
800 < MAL ≤ 1600	3-
1600 < MAL ≤ 3200	4-
3200 ≤ MAL	5-

Da im Produkt enthaltene, niedrig siedende Lösungsmittel (Sdpkt. < 65°C) nur ungenügend an Aktivkohle absorbieren, bedürfen sie besonderer Arbeitsschutzmaßnahmen (verstärkter Atemschutz). Dies ist der Fall, wenn folgendes Zusatzkriterium erfüllt ist:

$$\text{Zusatzkriterium 1} \quad \sum F(i) / (d \cdot P(i) \cdot \text{MAL-Faktor}) \leq 1$$

F(i) = 100 für Stoffe mit einem Siedepunkt < 65°C bzw. für Stoffe, die schlecht auf einer Aktivkohlematrix absorbieren (in *underbilag 1* hervorgehoben) bzw. = 200 für Ethanol, 1-Propanol, 2-Propanol

A5.4.3 "Zahl nach dem Bindestrich"

Als zweite Codierungszahl wird die "Zahl nach dem Bindestrich" abgeleitet, die zusammen mit der aus dem MAL abgeleiteten Zahl ("Zahl vor dem Bindestrich") den Gesamt-Code bildet. Beide Zahlen sind komplementär zueinander: Während die "Zahl vor dem Bindestrich" die toxische Wirkung flüchtiger Produktkomponenten beschreibt, charakterisiert die "Zahl nach dem Bindestrich" nichtflüchtige Produktkomponenten in Bezug auf dermale bzw. orale Wirkungen. Mit den Zahlcodes sind Empfehlungen für den Arbeitsschutz verbunden. Je höher die Zahl, desto umfassendere Maßnahmen werden vorgeschlagen. Für eine Reihe von Stoffen werden von der dänischen Behörde für Arbeitsschutz (Arbejdstilsynet) in *underbilag 1* (unter: www.at.dk/sw6239.asp) Werte bereitgestellt. Entsprechend der folgenden Tabelle wird bei der Ermittlung der Zahl die "Schwere" der Wirkung (Einstufung) zusammen mit dem Gehalt im Produkt (Schwellen- bzw. Grenzwert) berücksichtigt. Diese Vorgangsweise kommt nur zur Anwendung, falls *underbilag 1* den Stoff nicht enthält.

Tab. A.25: "Zahl nach dem Bindestrich" in Zusammenhang mit Einstufung, Gehalt und Risikobeschreibung

"Zahl nach dem Bindestrich"	Stoffeigenschaft	Grenzwert G (Gew% im Produkt)	Beschreibung der Risiken
-0	Wasser	-	-
-1	Individuelle Einstufungen durch die dänische Behörde für Arbeitsschutz (underbilag 1)		Produkte, die als Aerosol oder Staub inhaliert werden können. Kein Risiko bei kurzfristiger Anwendung
-2			
-3	Gesundheits-schädlich	1	Produkte, die bei Haut- und Augenkontakt und bei Inhalation von Aerosol oder Staub ein Risiko beinhalten
	lokal reizend	2	
	R40	0,1	
-4	Ätzend	1	Produkt mit korrosiv wirkenden Stoffen
-5	Hautsensibilisierend (R43)	1	Produkt kann bei Haut- oder Augenkontakt allergene Reaktionen bewirken
-6	Gift, sehr giftig	0,2	Giftig oder sehr giftig bei Haut- oder Augenkontakt oder oraler Aufnahme. Potenzial zur langfristiger Wirkung
	CMR Eigenschaften (R45, R46, R47, R49)	0,1	

Für die Ermittlung der "Zahl nach dem Bindestrich" für ein Produkt werden zuerst die Zahlen aller Produktbestandteile erhoben. Dazu zählen auch Verunreinigungen und Restmonomere, sofern sie den Konzentrationsgrenzwert aus Tab. A.25 oder aus "underbilag 1" überschreiten. Enthält das Produkt mehrere Bestandteile, die bei gleicher "Zahl hinter dem Bindestrich" den Grenzwert G aus Tabelle A.25 nicht überschreiten, kommt das Zusatzkriterium 2 zur Anwendung:

$$\text{Zusatzkriterium 2} \quad \sum P(i)/G(i) \geq 1$$

P(i) Gewichtsprozent der Komponente i

G (i) Grenzwert entspr. Tab. 7.7. oder "underbilag 1"

Trifft es zu, gilt die korrespondierende "Zahl hinter dem Bindestrich" für das gesamte Produkt (siehe auch Berechnungsbeispiel 2).

A5.4.4 Berechnungsbeispiele

A5.4.4.1 Berechnungsbeispiel 1

Tab. A.26: Produkt A "alkydmaling, halvblank"

Komponenten	P(i) Gew%	MAL Faktor (i)	P(i) • MAL- Faktor (i)	Grenzwert (G)	Zahl hinter dem Bindestrich
Alkydtørstof	41,7	0	0		-1
Calciumcarbonat	5,0	0	0		-1
Titanoxid	12,0	0	0		-1
"Chromat fra blychromatpig- ment"	1,1	0	0	0,1% 1%	-3 -6
Blei "(fry sikkativ)"	0,2	0	0	0,25-10% 10%	-3 -6
Butylglykol	5,0	25	125	10%	-3
"Mineralsk terpentin" (max. 20% aromater)	30,0	14	420	-	-1
"Aromatiske carbonhydrider", C ₉	5,0	58	290		-1
SUMME	100		835		

$d = 1,2 \text{ kg/l}$

$MAL = 1,2 \cdot 835 = 1002 \text{ m}^3 \text{ Luft / Liter Produkt}$

Zahl vor dem Bindestrich: 3-

Zahl hinter dem Bindestrich: -3

Zahlen-Code Produkt A: 3-6

Verdünnung Produkt A: 5 Teile Produkt A mit 1 Teil Produkt B ("5 dele A fortyndes med 1 del B")

Produkt A: $d = 1,2 \text{ kg/l}$, Produkt B: 100% "Xylener"; $d = 0,9 \text{ kg/l}$

Verdünnung 1:6

MAL Faktor "Xylener": 46

MAL für Produkt B: $0,9 \cdot 46 \cdot 100 = 4140 \text{ m}^3 \text{ Luft / Liter Produkt}$

MAL (Verdünnung) = $(5 \cdot 1002 + 1 \cdot 4140) / 6 = 1525 \text{ m}^3 \text{ Luft / Liter Verdünnung}$

Zahl vor dem Bindestrich: 3-

Produkt A enthält 1,1 Gew% Chromat, die Verdünnung enthält 0,066 kg Chromat (0,96 Gew%). "Zahl nach dem Bindestrich" (Chromat): -3

Produkt A enthält 0,2 Gew% Blei, die Verdünnung 0,012 kg Blei (0,17 Gew%)

"Zahl nach dem Bindestrich" (Blei): -

Verdünnung hat 2 Bestandteile mit "-6". Deshalb kommt Zusatzkriterium 2 zur Anwendung:

$$\sum P(i)/G(i) = 0,96/1 + 0,17/10 = 0,98$$

Da die Summe ≤ 1 ist, lautet die "Zahl hinter dem Bindestrich": -3

Codenummer für Verdünnung : 3-3

A5.4.4.2 Berechnungsbeispiel 2

Tab. A.27: Produkt E "acrylplastmalldning, halvblank"

Komponenten	P(i) Gew%	MAL Faktor (i)	P(i) • MAL- Faktor (i)	Konz. Grenzen (G)	Zahl hinter dem Bindestrich
Acryl – copolymer	46,8	0	0	-	-1
Restmonomer (0,3% in 46,8%)	0,14	700	98	1%	-5
				0,2-1,0%	-3
Propylenglycol	8,6	0	0	-	-1
Titandioxid	23,6	0	0	-	-1
Ammoniak	0,025	0,2%:1.100	1	35%	-4
		< 0,2%: 50		5-35%	-3
1,2-Benzisothiazolinon	0,1	0	0	1,0%	-3
1-(3-chlorallyl)-3,5,7-triaza-1- azoniaadamantan-chlorid Quaternium-15	0,18	0,2%: 35.000	306	10%	-6
		< 0,2%: 1.700		2,0-10%	-5
				0,2-2%	-3
"skunddæmper m.m."	16,2	0	0	-	-0
Wasser	4,4	0	0	-	-1
SUMME	100,0		405		

$$d = 1,2 \text{ kg/l}$$

$$\text{MAL} = 1,2 \cdot 405 = 586 \text{ m}^3 \text{ Luft / Liter Produkt E}$$

Zahl vor dem Bindestrich: 2-

Produkt E hat 4 Bestandteile mit "-3". Deshalb kommt Zusatzkriterium 2 zur Anwendung:

$$\sum P(i)/G(i) = 0,14/0,2 + 0,025/5 + 0,1/1 + 0,18/0,2 = 1,7$$

Da die Summe ≥ 1 ist, lautet die *Zahl hinter dem Bindestrich*: -3

Codenummer für Produkt E: 3-3

A5.5 EMISSIONSKLASSIFIZIERUNG VON BAUMATERIALIEN (FINNLAND)⁶⁰

Die Emissionsklassifizierung von Baumaterialien (Emission Classification of Building Materials) wurde von der finnischen Building Information Foundation geschaffen, einer privaten Einrichtung, in welcher 43 im Bereich Bauen tätige Organisationen vertreten sind. Ziel ist es, durch die Kennzeichnung von Baumaterialien bereits für die Planungsphase Entscheidungshilfen zur Verfügung zu stellen. Die ersten Emissionsklassifizierungen wurden 1996 vergeben, derzeit gibt es ca. 600 klassifizierte Produkte (Putze, Kitt- & Spachtelmassen, Bodenbeläge, Farben & Lacke, Faser- und Mineralwolleplatten) von 80 Produzenten. Die Klassifizierung erfolgt nach drei Kategorien in Abhängigkeit von den Ergebnissen einer Produktprüfung (The Building Information Foundation 2002). Diese erfolgt in einer Prüfkammer durch Emissionsmessungen bzw. durch die Bewertung des Geruchs. Die Basis der Prüfkammeruntersuchung bilden die Normen CEN ENV 13419 Teil 1 bzw. 2. Die Bestimmung der VOC erfolgt nach Adsorption (Tenax) und thermischer Desorption mit GC/MSD oder GC/FID. Aldehyde werden nach Reaktion mit 2,4-Dinitrophenylhydrazin (DNPH) und Desorption mit Acetonitril mittels HPLC bestimmt (ISO DIS 16000-3). Aus der in der Prüfkammer gemessenen Raumluftkonzentration C (mg/m^3) eines Stoffes lässt sich bei Kenntnis des Luftwechsels n (h^{-1}), des Prüfkammervolumens V (m^3) sowie der Fläche des Prüfkörpers F (m^2) die flächenspezifische Emissionsrate E_{fl} bzw. SER (specific emission rate) berechnen:

$$E_{\text{fl}} (\text{mg}/\text{m}^2\text{h}) = C \cdot n \cdot V / F$$

Die Geruchsprüfung erfolgt in 2 Stufen: In der ersten Stufe beurteilen 5 Testpersonen die Luft in der Prüfkammer. Diese bewerten den Geruch graphisch auf einer Skala, die von "Clearly acceptable" (Wert: +1) über "Just acceptable" (Wert: +0,1), "Just unacceptable" (Wert: -0,1) zu "Clearly unacceptable" (Wert: -1) reicht. Ergänzend dazu erfolgen Geruchsbeschreibungen (z.B. "good, pleasant, woody, metallic..."). Der Prüfling wird vor der Geruchsprüfung 2 Tage in der Kammer konditioniert, als Referenz dient die Luft der leeren Prüfkammer. Liegt die Bewertung nicht innerhalb der Werte +0,4 bzw. -0,4, wird die Prüfung mit einem Panel von 10 Testpersonen wiederholt.

⁶⁰ www.rts.fi

Tab. A.28: Emissionsklassifizierung des finnischen Prüfsystems für Baumaterialien

Parameter	Einheit	M1	M2	M3
TVOC	mg/m ² h	< 0,2 ^a	< 0,4 ^a	Grenzwerte von M2 werden überschritten
Formaldehyd	mg/m ² h	< 0,05	< 0,125	
NH ₃	mg/m ² h	< 0,03	< 0,06	
Kanzerogene Kat. 1	mg/m ² h	< 0,005	< 0,005	
Geruchsprüfung	-	Geruchlos ^b	Kein signifikanter Geruch ^c	
Ausschlusskriterien		Kein Kasein ^d	Kein Kasein ^d	

a Anzahl der identifizierten Substanzen mind. 70%

b Beanstandung des Geruches < 15%; Sensorische Bewertung > + 0,1

c Beanstandung des Geruches < 30%

d in Verputzen und Ausgleichsmassen

Unbeschichtete Ziegel, Steine, Fliesen, Glas, Metallflächen, Karton und (finnisches) Holz können ohne Prüfung als M1 eingestuft werden, obwohl Emissionen von letzterem im frischen Zustand die Grenzwerte von M1 überschreiten können. Bei Verbundsystemen (combined materials) bestimmt die Komponente mit den höchsten Emissionen die Emissionsklasse. Ein M1 Material, welches mit einem M2 Stoff überzogen wurde, gilt insgesamt als M2. Dies gilt auch umgekehrt, solange durch Emissionsmessungen nicht das Gegenteil festgestellt wird. Verbundsysteme sind mit Farben oder Lacken behandelte (absorbierende) Oberflächen wie Holz oder Gips.

A5.6 DANISH INDOOR CLIMATE LABEL⁶¹

A5.6.1 Anwendungsgebiet

Das dänische "Indoor Climate Label" dient vor allem der Bewertung von Materialien zur Innenausstattung und legt einen innenraumrelevanten Zeitwert fest, der auf der Bestimmung der Emission flüchtiger organischer Verbindungen (VOC) von Primärquellen basiert. Die Emissionsbestimmung enthält die Messung von Einzelstoffen und sensorische Bestimmungen (Danish Society of Indoor Climate 2000).

Prüfungs- und Zeichenkriterien sind in den allgemeinen Normen "Test methods" und in produktspezifischen Standards angegeben. Die Norm für die Emissionsbestimmung von Baumaterialien legt die Vorgangsweise für die Prüfkammeruntersuchung fest. Die Norm für die Bestimmung der Partikelemission von Baumaterialien legt die Vorgangsweise für die Laborprüfung von Partikelemission fest.

Die Normen gelten für alle Produktbereiche und werden zusammen mit den spezifischen Produktstandards als Basis für die Bewertung der Produkte benutzt. Die Vorgaben, die in den Produktstandards genannt werden, haben dabei Vorrang gegenüber den Vorgaben, die in der allgemeinen Norm gestellt werden.

⁶¹ www.dsic.org

Die innenraumklimarelevanten Eigenschaften, die von den Normen abgedeckt werden, betreffen nur neu hergestellte Produkte. Um den eventuellen Einfluss auf das Innenraumklima im gesamten Produktzyklus des Produkts zu beschreiben, ist es außerdem notwendig, Richtlinien für die Lagerung, den Transport, das Montieren und den Gebrauch festzulegen.

Der Produktstandard erlaubt auch die Prüfung der gesamten Bodenkonstruktion, in der mehrere Materialien wie z.B. der Unterboden (Art, Feuchtegehalt) oder eine Zwischenlage eine Rolle spielen können. In den Produktstandards wird auch die tatsächliche Zeit von der Produktion bis zur Montage berücksichtigt.

A5.6.2 Beschreibung

Als Ergebnis wird je Substanz ein innenraumrelevanter Zeit-Grenzwert errechnet. Der Zeit-Grenzwert wird durch Umrechnung von den bei der chemischer Analyse bestimmten Konzentration auf Situationen in einem Standardraum bestimmt, diese werden mit Geruch- und Schleimhautirritationsschwellenwerten verglichen. Der Geruch ist oft der entscheidende Faktor, da die Geruchsschwellenwerte normalerweise vielfach niedriger als die Schleimhautschwellenwerte und die Grenzwerte für gesundheitliche Wirkungen sind.

Der innenraumrelevante Zeit-Grenzwert ist als die Zeit definiert, die benötigt wird, bis die Emission aus einem Bauprodukt in einem Standardraum unter Standardbedingungen auf eine definierte, akzeptable Konzentration gesunken ist. Diese Konzentration ist von den toxikologischen und raumluftrelevanten Eigenschaften des jeweiligen Stoffes (Geruchs- und Schleimhautirritation) abhängig. Ein Zeit-Grenzwert von z.B. 10 Tagen bedeutet, dass die Wahrscheinlichkeit sehr niedrig ist, dass von dem Produkt ab einem Zeitraum von 10 Tage nach der Montage Geruchsbelästigungen oder Schleimhautirritationen ausgehen.

Die Standardbedingungen für die Prüfung sind:

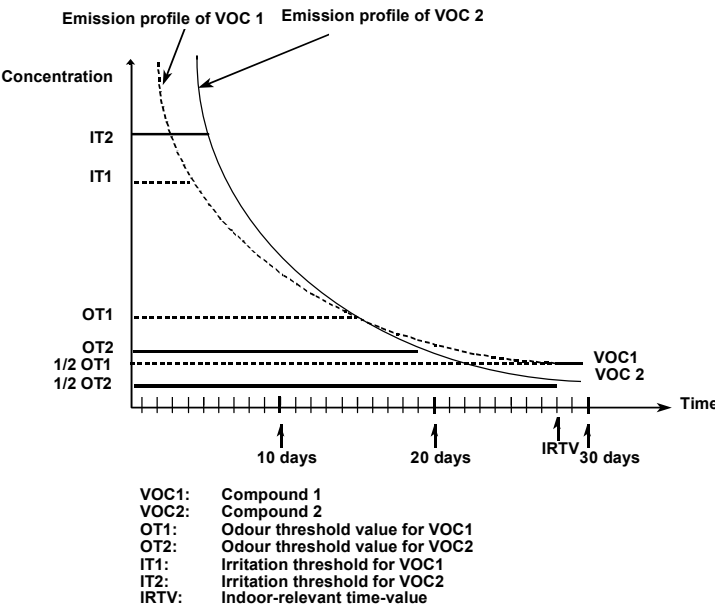
Lufttemperatur: 23°C

Relative Feuchtigkeit: 50 +/- 5%

Luftgeschwindigkeit über dem Prüfkörper: 0,15 +/- 0,05 m/s

Luftproben werden zu bestimmten Zeitpunkten entnommen und chemisch analysiert, wobei mindestens folgende Substanzen erfasst werden: VOC's einschließlich Aldehyde, Amine, Isocyanate, Säuren und schwefelhaltige Stoffe.

Abb. A.2: Berechnung des innenraumrelevanten Zeit-Grenzwertes

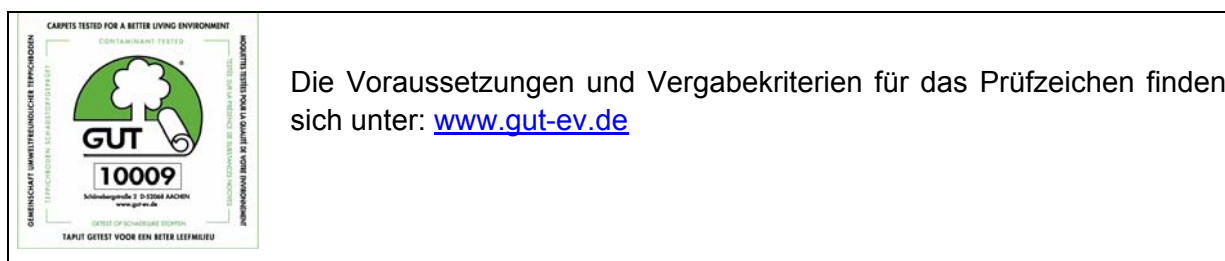


A5.7 PRÜFSIEGEL FÜR TEPPICHBÖDEN

A5.7.1 GuT-Signet

Die "Gemeinschaft umweltfreundlicher Teppichböden e.V. (GuT)" ist ein Zusammenschluss von Teppichherstellern, welcher das Signet an ihre Mitglieder vergibt. Die Teppiche werden vor der Vergabe durch ein unabhängiges Prüfinstitut auf die Einhaltung der Kriterien überprüft. Sind diese erfüllt, erhält der Teppich seine Prüfnummer.

Die Prüfung erfolgt an produktionsfrischen Teppichböden und gliedert sich in Schadstoffprüfung, Emissionsprüfung und Geruchsprüfung. Die Schadstoffprüfung erfolgt auf gesundheitlich bedenkliche Stoffe, die eventuell über Vorprodukte in den textilen Bodenbelag eingetragen werden. Emissionsbestimmungen werden als Prüfkammeruntersuchung durchgeführt. Für die Geruchsprüfung wird eine in einem Behälter 15 h lang konditionierte Probe von 7 geschulten Probanden nach einer Notenskala von 1 (kein Geruch) bis 5 (sehr unangenehm) bewertet. Die Prüfung lehnt sich an die Schweizer Norm SNV 195651 zur Bestimmung von Geruchsbelästigungen in Textilien an.



Tab. A.29: Prüfkriterien für das GuT-Signet (sofern humantoxikologisch relevant)

Begrenzung von Emissionen ^a	Toluol: 50 µg/m ³ ; Styrol: 5 µg/m ³ ; 4-Vinylcylohexen: 2 µg/m ³ 4-Phenylcylohexen: 20 µg/m ³ Summe aromatische KW: 150 µg/m ³ TVOC: 300 µg/m ³ Geruchsprüfung: olfaktorische Untersuchung mit einer Gruppe von Probanden; Note < 4
eingeschränkte Inhaltsstoffe	Permethrin: 210 mg/kg Wolle ^b Sulcufuron: 4000 mg/kg Wolle ^b
Ausgeschlossene Inhaltsstoffe	Azofarbstoffe mit krebserregender Aminkomponente FCKW Schwermetallhaltige Färbemittel (Pb, Cd, Hg, Cr ^{VI}) Zinkdiethyldithiocarbamat als Vulkanisationsbeschleuniger

a Definition VOC: Siedebereich von 50°C bis 260°C entsprechend WHO Definition

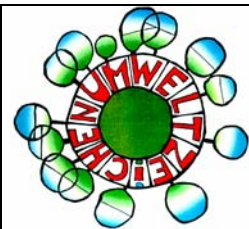
b bei Bodenbelägen mit Wollanteil

A5.8 ÖSTERREICHISCHES UMWELTZEICHEN

A5.8.1 Beschreibung

Das Österreichische Umweltzeichen hat sich das Ziel gesetzt, die umweltfreundlichsten Produkte verschiedener Produktgruppen auszuzeichnen. Grundsätzlich werden neben ökologischen auch humantoxikologische Kriterien und die Gebrauchstauglichkeit berücksichtigt. Eine Reihe von Kriterien basieren auf Materialuntersuchungen und Prüfkammermessungen. Von den Richtlinien des Österreichischen Umweltzeichens beziehen sich folgende auf Produktgruppen, die als Baumaterialien Relevanz besitzen:

- Lacke, Lasuren und Holzversiegelungslacke (UZ 1),
- Holzwerkstoffe (UZ 7),
- Wandfarben (UZ 17),
- Textile Fußbodenbeläge (UZ 35),
- Elastische Fußbodenbeläge (UZ 42),
- Mauersteine, hydraulisch gebunden (UZ 39),
- Wärmedämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen (UZ 44),
- Wärmedämmstoffe aus mineralischen Rohstoffen (UZ 45),
- Wärmedämmstoffe aus fossilen Rohstoffen, hydrophob (UZ 43).



Die angeführten Richtlinien und entsprechende Produkte für das Österreichische Umweltzeichen finden sich unter: www.umweltzeichen.at

Beispielhaft werden die Vergabekriterien für 2 Baumaterialien vorgestellt, welche die Innenraumluftqualität beeinflussen können: Wandfarben bzw. Lacke und Lasuren.

A5.8.2 Beispiel 1: Wandfarben (UZ 17; Ausgabe vom 1.1. 2003)

In der Einleitung führt die Richtlinie aus: "Schadstoffarme Wandfarben sind wegen der großflächigen Anwendung für die Qualität der Innenraumluft von besonderer Bedeutung. Immerhin verbringen die meisten Menschen ca. 90% ihrer Zeit in Innenräumen. Manche Lösungsmittel und andere organische Verbindungen (VOC) können noch monatelang nach dem Ausmalen die Raumluft belasten. Mit dieser Richtlinie können Wandfarben für den Innenbereich ausgezeichnet werden, die weder organische Lösungsmittel noch biozide Wirkstoffe zur Film- oder Objektkonservierung enthalten. Der Einsatz biozider Wirkstoffe zur Topfkonservierung ist streng reglementiert, damit das Allergierisiko möglichst gering ist. Inhaltsstoffe, von denen gesundheitsschädigende Wirkungen ausgehen bzw. die ein Umweltgefährdungspotential beinhalten, sind von der Verwendung weitgehend ausgeschlossen."

Produktgruppendefinition: Emissionsarme Wandfarben für den Innenbereich. Silikatfarben dürfen keine organischen Bestandteile enthalten; Dispersions-Silikatfarben dürfen max. 5% organische Bestandteile enthalten.

Tab. A.30: Prüfkriterien des Österr. UZ 07 (sofern humantoxikologisch relevant)

Begrenzung von Emissionen ^a	VOC ≤ 500 ppm Aromatische KW ≤ 100 ppm
eingeschränkte Inhaltsstoffe	Stoffe, die eine Kennzeichnung der Zubereitung mit Xi, Xn oder C erfordern: max. 50% des in der ChemV angegebenen Grenzwertes, der eine Kennzeichnung notwendig macht Sehr giftig, giftig: ≤ 0,1% CMR 1 & 2 (gem. Anhang I RL 67/548 bzw. Grenzwerteverordnung): ≤ 0,1%; CMR 3 (Xn mit R40, 62, 63): ≤ 1% Biozide zur Topfkonservierung: Freier Formaldehyd: ≤ 10 ppm; 5-Chlor-2-methyl-4-isothiazolinon-3-on/2-Methyl-4-isothiazolin-3-on(3:1): ≤ 15 ppm; 1,2-Benzisothiazol-3(2H)-on/2-Methyl-2(H)-isothiazol-3-on – (1:1): ≤ 200 ppm Titandioxid / Silberchlorid ≤ 100 ppm 3-Jod-2-Propinyl-butylcarbamate ≤ 80 ppm N-Formale & O-Formale: Prüfkammerverfahren: max. 0,25 ppm Formaldehyd nach 1 h, max. 0,05 ppm nach 24 h. Dabei darf der Gehalt an freiem Formaldehyd im Produkt 100 ppm nicht überschreiten.
Ausgeschlossene Inhaltsstoffe	Weichmacher ⁶² gemäß VdL-Richtlinie 01 Ethylenglykolether mit den CAS Nummern: 111-77-3; 110-71-4; 112-49-2 As, Pb, Cr ^{VI} , Cd, Hg Alkylphenoethoxylate

a Definition VOC: organische Verbindungen mit einem Siedepunkt (Siedebeginn) von max. 250°C bei Normaldruck

A5.8.3 Beispiel 2: Lacke, Lasuren und Holzversiegelungslacke (UZ 1; Ausgabe vom 1.1. 2003)

In der Einleitung führt die Richtlinie u.a. aus: "Wichtigstes Ziel der Richtlinie ist ... die Reduktion des VOC-Gehaltes auf maximal 8% bzw. 3% für weiß deckende Holzlacke. Der Einsatz biozider Wirkstoffe ist streng reglementiert, damit das Allergierisiko möglichst gering ist. Es sind ausschließlich Wirkstoffe zur Topfkonservierung zulässig".

Produktgruppendefinition: Die Richtlinie erfasst folgende, wasserverdünnbare Beschichtungsstoffe: Lacke, Lasuren sowie unpigmentierte Versiegelungslacke für Holz ohne UV-Absorber.

Ausgenommen vom Umweltzeichen sind:

⁶² siehe Kap. A7.

- Beschichtungsstoffe, deren biozide Ausrüstung über die Topfkonservierung hinausgeht (Film- bzw. Objektkonservierung) und die insbesondere Wirkstoffe gegen Holzschädlinge enthalten,
- Imprägnierungen mit bioziden oder feuerhemmenden Wirkstoffen; flammhemmende Additive auf organischer Basis sind zulässig,
- Reaktionslacke und Zweikomponentensysteme,
- Beschichtungsstoffe für den schweren Korrosionsschutz,
- Oberflächenbehandlungsmittel, die mehr als 10% Wachse enthalten,
- Spachtelmassen.

Tab. A.31: Prüfkriterien des Österr. UZ 01 (sofern humantoxikologisch relevant)

Begrenzung von Emissionen ^a	Lösungsmittel (halogenfrei): für weiß deckende Holzlacke ≤ 3% für sonstige Produkttypen ≤ 8% davon Butylglykol ≤ 3% Aromatische KW ≤ 100 ppm
Ausgeschlossene Eigenschaften der Zubereitung	T+, T, C, Xn, Xi
Eingeschränkte Inhaltsstoffe	Sehr giftig, giftig: ≤ 0,1% CMR 1 & 2 (gem. Anhang I RL 67/548 bzw. Grenzwerteverordnung) ≤ 0,1%; CMR 3 (Xn mit R40, 62, 63): ≤ 1% Co ≤ 0,1%, Mn ≤ 0,5% Biozide zur Topfkonservierung: Freier Formaldehyd: ≤ 10 ppm 5-Chlor-2-methyl-4-isothiazolinon-3-on/2-Methyl-4-isothiazolin-3-on (3:1): ≤ 15 ppm 1,2-Benzisothiazol-3(2H)-on/2-Methyl-2(H)-isothiazol-3-on – (1:1): ≤ 200 ppm Titandioxid/Silberchlorid: ≤ 100 ppm; 3-Jod-2-Propinylbutylcarbamate: ≤ 80 ppm N-Formale & O-Formale: Prüfkammerverfahren: max. 0,25 ppm Formaldehyd nach 1 h, max. 0,05 ppm nach 24 h. Dabei darf der Gehalt an freiem Formaldehyd im Produkt 100 ppm nicht überschreiten.
Ausgeschlossene Inhaltsstoffe	Ethylenglykolether mit den CAS Nummern: 111-77-3; 110-71-4; 112-49-2 2-Butoxyethylacetat (CAS 112-07-2) As, Pb, Cr ^{VI} , Cd, Hg Phthalsäurederivate (Weichmacher) Alkylphenoethoxylate


a Definition VOC: organische Verbindungen mit einem Siedepunkt (Siedebeginn) von max. 250°C bei Normaldruck

A5.9 EUROPEAN ECOLABEL

A5.9.1 Beschreibung

Von den Kriterienrichtlinien des europäischen Umweltzeichens (European Eco Label) beziehen sich folgende auf Produktgruppen, die als Baumaterialien Relevanz besitzen:

- Hard floor coverings (harte Bodenbeläge),
- Indoor paints and varnishes (Innenfarben und -lacke).



Die angeführten Richtlinien und entsprechenden Produkte für das European Ecolabel finden sich unter:

<http://europa.eu.int/comm/environment/ecolabel/index.htm>;

A5.9.2 2002/272/EG – Umweltkriterien für harte Bodenbeläge (25.3.2002)

Produktgruppendifinition: Natursteine und verarbeitete Steine (z.B. Betonpflastersteine, Tonfliesen).

Tab. A.32: Prüfkriterien des Ecolabel für harte Bodenbeläge (sofern humantoxikologisch relevant)

Gültig nur für glasierte Fliesen	Begrenzung der Freisetzung gefährlicher Stoffe während der Nutzungsphase Pb: 80 mg/m ² Cd: 7 mg/m ² Prüfmethode: EN ISO 10545-15
----------------------------------	---

A5.9.3 2002/739/EG – Umweltkriterien für Innenfarben und -lacke (3.9.2002)

Produktgruppendifinition: Farben und Lacke zur Innendekoration, Holzbeizen und verwandte Erzeugnisse für Heimwerke und Malerhandwerk für Verwendung innerhalb von Gebäuden. Dazu gehören auch Fußbodenanstriche und -farben, Dekorationsanstriche inkl. Primern und Grundierungen.

Tab. A.33: Prüfkriterien des Ecolabel für Innenfarben und -lacke (sofern humantoxikologisch relevant)

Begrenzung von Emissionen ^a	Wandfarben: < 30 g/l; Sonstige: < 180 g/l
Begrenzung flüchtiger aromatischer KW (Sdpkt. < 250°C bzw. aromatischer Kern)	Wandfarben: < 0,15% Sonstige: < 0,4%
Ausgeschlossene Eigenschaften der Zubereitung	giftig, sehr giftig, krebserzeugend, fortpflanzungsgefährdend, erbgutverändernd
Eingeschränkte Inhaltsstoffe	Isothiazolinone: max. 15 ppm Freier Formaldehyd: max. 10 mg/kg Konservierungsmittel mit R23, 24, 25, 26, 27, 28, 39, 48: max. 0,1%
Ausgeschlossene Inhaltsstoffe	Diethylglykoldimethylether (CAS 111-77-3) Alkylphenoethoxylate (APEO); Stoffe mit R23, 24, 25, 26, 27, 28, 39, 45, 46, 48, 60, 61 Cd, Cr ^{VI} , Pb, Hg, As


a Definition VOC: Siedepunkt < 250°C

A5.10 BLAUER ENGEL

A5.10.1 Beschreibung

Von den Kriterienrichtlinien des deutschen Umweltzeichens (Blauer Engel) beziehen sich folgende auf Produktgruppen, die auch als Baumaterialien relevant sind:

- Emissionsarme Holzwerkstoffplatten (RAL-UZ 65),
- Emissionsarme Produkte aus Holz und Holzwerkstoffen (RAL-UZ 38),
- Schadstoffarme Lacke (RAL-UZ 12a),
- Emissionsarme Wandfarben (RAL-UZ 102).



Die angeführten Richtlinien und entsprechende Produkte für den Blauen Engel finden sich unter:
www.blauer-engel.de

Beispielhaft werden die Vergabekriterien für folgende zwei Baumaterialien vorgestellt, welche die Innenraumluftqualität beeinflussen können: Wandfarben und Lacke.

A5.10.2 Schadstoffarme Lacke (RAL – UZ 12a; Jänner 1997)

Produktgruppendefinition: Lacke im Innen- und Außeneinsatz als Bautenlacke und für die industrielle Beschichtung. Dazu zählen u.a. Grundierungen, Vorlacke, Klar- und Buntlacke, Lasuren, wasserverdünnbare Lacke und High Solid Lacke.

Tab. A.34: Prüfkriterien des Blauen Engel für schadstoffarme Lacke (sofern humantoxikologisch relevant)

<p>Begrenzung von Emissionen (Klassifizierungsschema der TA-Luft)</p>	<p>In Abhängigkeit vom Festkörpergehalt des Lackes darf der Lack unterschiedlichen Gehalt an VOC aufweisen:</p> <p>Primer (< 20%): 2%; Vorlacke, Klarlacke (≥ 20%): 8%</p> <p>Holzlasuren (< 30%): 8%; Holzlasuren (≥ 30%): 10%</p> <p>Wasserverdünnbare Lacke, Buntlacke (> 40%): 10%</p> <p>High Solid Lacke (≥ 85%): 15%</p> <p>Stoffe der TA-Luft (Klasse I): max. 0,5%</p> <p>Stoffe der TA-Luft (Klasse II): max. 5%</p>
<p>Eingeschränkte Inhaltsstoffe</p>	<p>Stoffe mit Xn oder C: max. 40% der Grenzkonzentrationen nach Anhang II der GefStoffV</p> <p>Stoffe mit Xi: nur sofern durch Gehalt keine Produktkennzeichnung notwendig wird</p> <p>Restmonomere: max. 0,05%</p> <p>Biozide als Gebinde- bzw. Filmkonservierer: max. 0,5%; Konservierungsmittelzubereitung: kennzeichnungsfrei von Xn, T, T+; Minimalmenge zur Gebindekonservierung (Biotest)</p> <p>Freier Formaldehyd: max. 10 mg/kg</p>
<p>Ausgeschlossene Inhaltsstoffe</p>	<p>Stoffe mit T+, T oder CMR Kat. 1,2,3 (Anhang I RL 67/548 bzw. TRGS 900 bzw. TRGS 905).</p> <p>Cd, Pb, Cr^{VI}</p>

A5.10.3 Emissionsarme Wandfarben (RAL – UZ 102; Mai 2000)

Produktgruppendefinition: Dispersionsfarben, Silikatfarben und Dispersionsilikatfarben, die zur Verwendung als Wand- und Deckenfarbe vorrangig im Innenbereich bestimmt sind.

Tab. A.35: Prüfkriterien des Blauen Engel für emissionsarme Wandfarben (sofern humantoxikologisch relevant)

Begrenzung von Emissionen ^a	< 700 ppm (700 mg/kg)
Ausgeschlossene Eigenschaften der Zubereitung	Gefahrstoffkennzeichnung
Eingeschränkte Inhaltsstoffe	<p>Weichmacher⁶³ im Sinne der VdL-Richtlinie 01 in Fertigprodukten: max. 1g/l</p> <p>Freies Formaldehyd: max. 10 mg/kg (10 ppm);</p> <p>Prüfkammermessung: nach 1 h max. 0,25 ppm, nach 24 h < 0,05 ppm</p> <p>Keine Biozide ausgenommen folgender Mittel zur Topfkonservierung:</p> <p>Titandioxid/AgCl (100 ppm bezogen auf AgCl)</p> <p>5-Chlor-2-methyl-4-isothiazolin-3-on/2-Methyl-4-isothiazolin-3-on im Verhältnis 3:1: 50ppm</p> <p>2-Methyl-2(H)-isothiazol-3-on/1,2-Benzisothiazol-3(2H)-on im Verhältnis 1:1: 200 ppm</p> <p>3-Jod-2-propinyl-butylcarbamate: 80 ppm</p> <p>Als Formaldehydabspalter können verwendet werden: N-Formale (z.B. Methylolharnstoffe, Dimethyloldimethylhydantoin, Trimethylolallantoin)</p> <p>O-Formale (z.B. Phenylmethoxymethanol, 2,5-Dioxahepta-1,6-diol)</p>
Ausgeschlossene Inhaltsstoffe	<p>Stoffe mit Kennzeichnung als T+, T, CMR Kat. 1,2,3 bzw. in TRGS 900 bzw. 905</p> <p>Ab 2004: Alkylphenoethoxylate</p> <p>Pb, Cd, Cr^{VI} (ausgenommen Verunreinigungen)</p>

^a Organische Stoffe (Restmonomere, Lösungsmittel, Filmbindungshilfsmittel, Konservierungsmittel usw.), nach Totalverdampfung eluiert und bis zur chromatographischen Retentionszeit des Tetradecan (Siedepunkt: 252,6°C) bestimmt


⁶³ siehe Kap. A7

A5.11 NORDISCHER SCHWAN (NORDIC SWAN)

A5.11.1 Beschreibung

Von den in Schweden, Norwegen, Dänemark, Finnland und Island gültigen Kriterienrichtlinien des nordischen Schwans (Nordic Swan) beziehen sich folgende auf als Baumaterialien relevante Produktgruppen:

- Adhesives,
- Wall coverings,
- Flooring materials,
- Windows.

	<p>Die angeführten Richtlinien und entsprechende Produkte für den Nordischen Schwan finden sich unter:</p> <p>www.ecolabel.no</p>
---	--

Beispielhaft werden die Vergabekriterien für Klebstoffe vorgestellt.

A5.11.2 Klebstoffe (Adhesives)

Produktgruppendefinition: Klebstoffe für Endverbraucher und Industrie (einschließlich Baubranche).

Tab. A.36: Prüfkriterien des Nordischen Schwan für Klebstoffe (sofern humantoxikologisch relevant)

Begrenzung von Emissionen ^a	Einzelstoffe < 1% (in Tapetenkleister und in Möbel verwendete Kleber: 0%) < 2% (weight in total) TVOC nach 28 d: < 0,2 mg/m ² h, gemessen in Toluoläquivalenten ^b
Ausgeschlossene Eigenschaften der Zubereitung	Kennzeichnung: Sehr giftig, giftig, gesundheitsschädlich, ätzend, reizend, sensibilisierend, kanzerogen, mutagen und reproduktionstoxisch
Eingeschränkte Inhaltsstoffe	Stoffe, die gemäß Kennzeichnungspflicht bzw. lt. Stoffliste eines der nordischen Länder ^c als sensibilisierend, kanzerogen, mutagen oder reproduktionstoxisch eingestuft sind: < 0,1% Max. 1 mg Monomer/g frisch hergestelltes Polymer
Ausgeschlossene Inhaltsstoffe	Phthalate Alkylphenoethoxylate bzw. im Abbau Alkylphenol freisetzende Stoffe Halogenierte Lösungsmittel Ethylenglykolether mit den CAS Nummern: 109-86-4, 110-49-6, 110-80-5, 111-15-9, 111-77-3 bzw. 111-90-0

a VOC: Siedepunkt < 260°C

b CEN EN 13419, Teil 1-3 bzw. ISO DIS 16000-6.2


c Stofflisten der nordischen Länder: Schwedische Stoffliste (Observation List unter: www.kemi.se); Norwegische Stoffliste (Obs-listen unter: www.mistin.dep.no); Dänische Stoffliste (list of Undisable Substances unter: www.mst.dk)

A5.12 NATUREPLUS

A5.12.1 Beschreibung

Das Qualitätszeichen natureplus, welches vom Verein für zukunftsfähiges Bauen und Wohnen e.V. europaweit vergeben wird, soll im Bauwesen die Verbraucherinformation über umweltverträglichere und gesundheitlich unbedenklichere Bauprodukte, Baustoffe und Einrichtungsgegenstände verstärken bzw. verbessern. Es wird von unterschiedlichen Stakeholdern wie Herstellern, Umwelt- und Verbraucherorganisationen sowie Prüfinstituten unterstützt und ist ein europaweites Zeichen. natureplus versteht sich dabei weniger als Umweltzeichen, sondern als ein umfassendes Qualitätszeichen, welches insbesondere Produktwirkungen über den gesamten Lebenszyklus berücksichtigt. So haben gekennzeichnete Produkte zu 85% aus nachwachsenden/mineralischen Rohstoffen zu bestehen, überwiegend petrochemisch-synthetisch hergestellte Baustoffe sind damit ausgeschlossen.

Eine Besonderheit der Vergabekriterien stellen die stufenweisen Anforderungen an Produktgruppen bzw. Produkte dar: So gelten für alle zugelassenen Produkte Mindest- bzw. Basis-kriterien. Als nächste Stufe sind Produktgruppenkriterien und schließlich produktspezifische Kriterien für direkt miteinander vergleichbare Produkte zu erfüllen. Generell gilt, dass dabei die Anforderungen von Stufe zu Stufe zunehmen. Das bedeutet, dass unabhängig vom Verwendungszweck eine Basisqualität für alle Produkte festgelegt wird. Dazu zählt neben den in Folge angeführten stoffspezifischen Kriterien eine Volldeklaration der Einsatzstoffe ab einem Gehalt von 1%. Für Stoffgehalte unter 1% ist zumindest eine Funktionsbezeichnung zu geben. Außerdem ist auf die Verwendung sensibilisierender Stoffe⁶⁴ auf der Verpackung hinzuweisen.



Die Richtlinien und ausgezeichnete Produkte für natureplus finden sich unter:
www.natureplus.org

⁶⁴ Sensibilisierende Stoffe gem. MAK IV C, TRGS 907, Liste BgVV Kat.A und B

Tab. A.37: Basisrichtlinie 0000 von natureplus: Kriterien für alle Produkte (sofern humantoxikologisch relevant)

Eingeschränkte Inhaltsstoffe	T ≤ 0,1% R23, 24, 25, 60, 61, 62, 63, 65 ≤ 0,1% Stoffe eingestuft als CMR 3
Ausgeschlossene Inhaltsstoffe	Stoffe eingestuft als CMR 1, 2 T+ R26, 27, 28, 45, 46, 48, 49 As, Pb, Cd, Hg, Zinnorganische Verb., SbO ₃ , Pyrethroide, HFKW, Organohalogenphosphate, Phthalsäureester (außer PET)

A5.12.2 Produktgruppen und -kategorien

Für folgende Produktgruppen stellt das Prüfzeichen derzeit Vergabekriterien bereit:

- Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen (RL 0100),
- Holz und Holzwerkstoffe (RL 0200),
- Wärmedämm-Verbundsysteme (RL 0300),
- Dämmstoffe aus expandierten, geblähten oder geschäumten mineralischen Rohstoffen (RL 0400),
- Dachdeckungen und Fassaden-Verkleidungen (RL 0500),
- Wandfarben (RL 0600),
- Lacke, Lasuren, Öle und Wachse (RL 0700),
- Putze, Mörtel und mineralische Kleber (RL 0800),
- Verlegewerkstoffe (RL 0900),
- Trockenbauplatten (RL 1000),
- Mauer- und Mantelsteine (RL 1100),
- Elastische Bodenbeläge (RL 1200),
- Mineralische Wand- und Bodenbeläge (RL 1300),
- Textile Bodenbeläge (RL 1400),
- Holzfenster (RL 1500),
- Türen (RL 1600).

Die Vergabekriterien enthalten, im Vergleich zu den Basiskriterien, detailliertere (öko)toxikologische Anforderungen an die Produkte. Beispielhaft werden die Vergabekriterien bzw. die auszuschließende Inhaltsstoffe für die Produktgruppe Wandfarben angeführt.

A5.12.3 Beispiel: Wandfarben

Tab. A.38: RL 0600 von natureplus: Kriterien für Wandfarben (sofern humantoxikologisch relevant)

Ausgeschlossene Inhaltsstoffe	Weichmacher ⁶⁵ gemäß VdL-Richtlinie 01 Glykolverbindungen Alkylphenoethoxylate Halogenorganische Verbindungen Biozide, die der Filmkonservierung dienen Isothiazolinone Formaldehydabspalter Azofarbstoffe, die krebserzeugende Amine abspalten
-------------------------------	---

Die Produktgruppe Wandfarben ist weiter unterteilt in die Produktkategorien:

- Innenwandfarben auf pflanzlicher Basis (RL 0601),
- Innenwandfarben auf mineralischer Basis (RL 0602),
- Außenwandfarben auf pflanzlicher Basis (RL 0603),
- Außenwandfarben auf mineralischer Basis (RL 0604),
- Kaseinfarben (RL 0605),
- Leimfarben (RL 0606).

Die Richtlinien für die Produktkategorien beinhalten zum Teil aufwendige Prüfungen in Hinblick auf potenzielle Inhaltsstoffe und Emissionen, die Methodik für die Ausführung der Prüfung ist detailliert festgelegt. Die Überprüfung erfolgt mittels Prüfkammer-Untersuchungen und anschließenden analytischen Verfahren (Bestimmung von VOC, Schwermetallen, AOX, Weichmacher oder Formaldehyd).

⁶⁵ siehe Kap. A7

Tab. A.39: Vergabekriterien von natureplus für Innenwandfarben auf mineralischer Basis (Silikatfarben, Kalkfarben), sofern humantoxikologisch relevant

Begrenzung von Emissionen	<p>Produktzusammensetzung:</p> <p>Organische Lösungsmittel: $\leq 0,1\%$</p> <p>Produktprüfung (Headspace GC/MS analog E DIN 55649):</p> <p>Summe VOC (TVOC) ≤ 100 mg/kg;</p> <p>Aromaten (Summe) ≤ 20 mg/kg;</p> <p>KMR - Aromaten ≤ 2 mg/kg</p> <p>Restmonomere ≤ 20 mg/kg</p> <p>Emissionsprüfung (Kammerverfahren DIN V ENV 13419-1):</p> <p>VOC (CMR 1 & 2): nicht bestimmbar 24h nach Probenauftrag (Bestimmungsgrenze: $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$)</p> <p>Summe VOC (TVOC): $\leq 300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (3d nach Probenauftrag)</p> <p>Davon: Summe Aromaten $\leq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (3d nach Probenauftrag)</p> <p>Summe sensibilisierender Stoffe gem. MAK IV + Delta-3Caren: $\leq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (3 d nach Probenauftrag)</p> <p>Summe VOC eingestuft als CMR Kat.3: $\leq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (3 d nach Probenauftrag)</p> <p>Summe schwer flüchtiger organischer Verbindungen (SVOC): $\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (28 d nach Probenauftrag)</p>
Eingeschränkte Inhaltsstoffe	<p>Schwermetalle (mg/kg): As ≤ 5; Cd $\leq 0,5$; Ni ≤ 1; Pb ≤ 15; Cr^{VI} ≤ 1; Co ≤ 20; Hg $\leq 0,1$; Zn ≤ 100;</p> <p>EOX im Eluat ≤ 2 mg/kg</p> <p>Freier Formaldehyd ≤ 20 mg/kg</p> <p>Emissionsprüfung:</p> <p>Formaldehyd: $\leq 24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bzw. 0,02 ppm 3 d nach Probenauftrag)</p>
Ausgeschlossene Inhaltsstoffe	Produktprüfung (Solventextraktion und GC/MS): Weichmacher (nicht bestimmbar)
Sonstiges	<p>Kein unangenehmer oder produktfremder Geruch in der Nutzungsphase</p> <p>Produktprüfung (Geruchsnote): ≤ 3 (24 h)^a</p>

^a natureplus-Ausführungsbestimmungen "Geruchsbestimmung", 6-stufige Skala 24h nach Probenauftrag

A5.13 ÖKOPASS

Gebäudepässe überprüfen Kriterien, die einerseits die Behaglichkeit und andererseits die Ressourceneffizienz des Gebäudes im Lebenszyklus beurteilen. Gebäudepässe dienen Bauherren als Qualitätssicherungssystem sowie als Marketing- bzw. Optimierungsinstrument, KundInnen bietet das Instrument eine umfassende Beurteilung der Wohnungs- bzw. Gebäudequalität und ermöglicht eine größere Transparenz bei der Wertbeurteilung einer Immobilie.

Hochwertige Gebäudepässe erfüllen bereits die in der EU-Gebäuderichtlinie (Directive 2002/91/EC on the energy performance of buildings) festgelegten Kriterien (Energieeffizienz bzw. "Energieausweis") und erweitern sie um Kriterien wie Behaglichkeit, Innenraumluftqualität, Ressourceneffizienz und Vermeidung problematischer Baustoffe.

Im Jahr 2000 wurde der Ökopass im Auftrag der Mischek Bauträger Gruppe entwickelt. Ziel ist der Nachweis der baubiologischen und -ökologischen Qualität von Wohnhausanlagen und dessen Nutzung als Instrument für Marketing und Qualitätssicherung: Die Kriterien "Thermische Behaglichkeit", "Innenraumluftqualität", "Belichtung", "Schallschutz", "elektromagnetische Qualität", "Baustoffwahl", "Energie- und Wassereinsparung" werden durch Messungen und Berechnungen in einer Vor- und einer Endbewertung überprüft. Aufgrund des Prüfberichtes werden im Auftrag des Bauträgers Bewertungen und leicht verständliche Aussagen zur Information der WohnungskäuferInnen erstellt. Die Mischek-Ökopass-Kriterien wurden von der Firma Mischek zusammen mit dem IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie GmbH – erarbeitet. Im Zentrum der Betrachtungen und Bewertungen steht die Behaglichkeit, der Wohnkomfort und die Gesundheit der Bewohnerinnen und Bewohner, ergänzt um wesentliche ökologische Eigenschaften des Gebäudes. Die Ökopass-Hauptkriterien werden in zwei Gruppen unterteilt, die Nutzungsqualität und die ökologische Qualität. Die möglichen Kriterien wurde dabei auf die acht wichtigsten komprimiert:

- Nutzungsqualität: Behaglichkeit im Sommer und Winter, Innenraumluftqualität, Schallschutz, Tageslicht und Besonnung, Elektromagnetische Qualität,
- Ökologische Qualität: Ökologische Qualität der Baustoffe und Konstruktionen, Gesamtenergiekonzept, Wassernutzung.

Für das Ziel dieser Arbeit interessiert vor allem der Teil der Innenraumluftbewertung (siehe auch Kap. 1.2.3).

A6 HUMANTOXIZITÄT IN RISIKOVERGLEICHENDEN UND LEBENSZYKLUSBASIERENDEN METHODEN

A6.1 EURAM

Für Altstoffe wurde von der EU eine Methode entwickelt, Risiken vergleichend darzustellen (ranking). Der Nutzen besteht darin, mit vertretbarem Arbeitsaufwand aus der großen Anzahl von Altstoffen diejenigen herauszufiltern, für die eine vertiefte (und daher aufwendige) Risikobewertung erforderlich ist. Diese Methode ist als EURAM (European Union Risk Ranking Method) bekannt. EURAM baut primär auf die stoffinhärenten Eigenschaften auf und liefert Ergebnisse, die nur eine relative bzw. vergleichende Risikodarstellung erlaubt. Eine Zusammenfassung der Methode enthält Hansen et al. (1999).

Die Methode arbeitet mit einer Punktwertung und unterscheidet zwischen human- und umweltrelevanten Stoffwirkungen. Sie wird verwendet, um Prioritätenlisten (priority lists) von Altstoffen mit hohen Produktionsvolumina zu erstellen, die anschließend in vertieften Risikobewertungen abgearbeitet werden. Nur auf Basis solcher vertiefter Risikobewertungen ist es aus stoffpolitischer Sicht zulässig, Risikomanagementmaßnahmen (z.B. Verbote oder Einschränkungen in der Verwendung) zu setzen.

A6.1.1 Die Berücksichtigung der Humanexposition

Humanexpositionen werden aus den stoffinhärenten Eigenschaften (Siedepunkt, Dampfdruck und Verteilungskoeffizient) und aus der Art der Verwendung abgeschätzt. Daraus wird derjenige Anteil des umgesetzten bzw. freigesetzten Stoffes bestimmt, der humanwirksam ist.

Tab. A.40: Abschätzung der Humanexposition aufgrund stoffinhärenter Eigenschaften

Dampfdruck (hPa, 20-30°C)	Siedepunkt (°C)	Verteilungskoeffizient (log P _{ow})	Stoffanteil-Humanexposition
≥ 200	≤ 60		0,75
0,5–200	60-200		0,50
< 0,5	200-1500	>3	0,25
< 0,5 (bei 200°C)	> 1500		0,05
		≤ 3	0

Tab. A.41: Abschätzung der Humanexposition aufgrund der Verwendung

Hauptverwendung	Humanwirksamer Anteil der Emission
In geschlossenen Systemen	0,01
In einer Matrix eingeschlossen	0,1
Offen Nichtdispersiv	0,2
Offen Dispersiv	1
Defaultwert	1

Eine hohe Mobilität des Stoffes, die durch einen hohen Dampfdruck bzw. niedrigen Siedepunkt indiziert wird, ergibt somit grundsätzlich eine hohe Humanexposition, ebenso eine offene oder dispersive Verwendung. Der Punktwert für das Ranking ergibt sich aus der Multiplikation der emittierten Stoffmenge⁶⁶ (korrigiert auf deren expositionswirksamen Anteil) mit dem Faktor aus obiger Tabelle. Der Wert nimmt nach einem entsprechenden Algorithmus Zahlwerte zwischen 0 und 10 an. Für einen Stoff, der etwa im Ausmaß von 10.000 t/a produziert, zu 100% offen-dispersiv verwendet wird und einen Dampfdruck von über 200 hPa aufweist, errechnet sich ein Punktwert von 6,2. Würde derselbe Stoff in einem geschlossenen System eingesetzt, wäre der Rankingwert 2,9.

A6.1.2 Bewertung stoffinhärenter Eigenschaften

Aus R-Sätzen bzw. Toxizitätstests wird, wie in untenstehenden Tabellen verdeutlicht, ein Punktwert abgeleitet. Die Gewichtung ist stoffpolitisch begründet, höhere Punktwerte indizieren einen wahrscheinlicheren Handlungsbedarf. Stehen mehrere R-Sätze und/oder Datensätze zur Verfügung, wird jeweils der höchste ermittelte Punktwert für die weitere Berechnung herangezogen.

⁶⁶ Es wird formelmäßig berechnet, welcher Stoffmengenanteil aufgrund der Verwendung (z.B. in geschlossenen Systemen bis offen-dispersiv) als potenziell humanwirksam anzunehmen ist.

Tab. A.42: Punkte auf Basis von R-Sätzen und Testergebnissen

Punkte	Kanzerogenität	Gentoxizität	Reproduktionstoxizität
10	R45, R49	R46	R47, R60, R61
9	R40	R40	R62, R63, R64
8	-	1 positiver in vitro Test, kein in vivo Körperzelltest	In vivo screening Test positiv, aber kein umfassender in vivo Test
7	-	Keine Tests	Kein Test oder positiver Chernoff/Kavlock screen Test
6	-		Kein oder positiver screening Test
5	-		Negativer screening Test
4	-	1 positiver in vitro Test, 1 negativer in vivo Körperzelltest	Negativer OECD Reproduktionstoxizitätstest
3	-		Negativer in vivo Test für Teratogenität oder im Chernoff/Kavalock Teratogenität Screening Test
2	-	Negativer in vitro Genmutationstest oder Chromosomenaberrationstest (in vitro oder in vivo)	Negativer vollständiger in vivo Fertilitätstest
0	Kein R-Satz	Negativer in vitro Genmutationstest und negativ im Chromosomenaberrationstest (in vitro oder in vivo) oder: Positiver in vitro Test mit zumindest 2 negativen in vivo Tests	Negative vollständige in vivo Fertilitäts- und Teratogenitätstests

Tab. A.43: Punkte auf Basis von R-Sätzen und Testergebnissen

Punkte	Sensibilisierung	Reizung	Akuttoxizität	Chronische Toxizität
10	-	-	-	-
9	-	-	-	-
8	-	-	-	-
7	R42	-	-	R48 (toxisch)
6	R43	R34, R35, R41	-	R48 (gesundheitsschädlich)
5	-	R36, R37, R38	-	R33
4	-	-	-	Keine Tests
3	-	-	R26, R27, R28	-
2	-	-	R23, R24, R25	-
1	-	-	R20, R21, R22	-
0	Kein R Satz	Kein R Satz	Kein R Satz	Kein R Satz; Tests durchgeführt

A6.1.3 Ranking der Humantoxizität

Die jeweiligen Punktzahlen aus Humanexposition und Wirkung werden miteinander multipliziert und ergeben den Punktwert für die Humantoxizität (human health combined exposure and effect scoring) mit einer möglichen Punktezahl von 0 bis 100. Hansen et al. (1999) betonen, dass aufgrund der der Methode immanenten Unschärfen dem Ranking ein "expert judgement" folgen sollte, ehe daraus eine Prioritätenliste erstellt wird.

A6.1.4 Dänische Studie – Anwendung von EURAM auf Bauprodukte

In einer dänischen Studie (Krogh, Olsen 2001)⁶⁷ zur Anwendung von EURAM auf Bauprodukte (Environmental assessment of harmful substances in building materials) wird geprüft, ob gesundheitliche Auswirkungen von Bauprodukten auf die Innenraumluft mittels einfacher Methoden bewertet werden können. Als Beispiele werden zwei sanitäre Abdichtsysteme angeführt. Motiv der Studie ist die unbefriedigende Darstellung humantoxikologischer Wirkungen von Bauprodukten, etwa in Ökobilanzierungen. Die Anforderung an ein "einfaches" Verfahren werden von der Studie wie folgt festgelegt:

- Leicht zugängliche Daten,
- Berücksichtigung der Anwendung,
- Einfache Bewertung sowie leicht kommunizierbare Bewertungsergebnisse.

Unter anderem wurde geprüft, ob EURAM diese Vorgaben erfüllt und für eine Bewertung von Bauprodukten verwendet werden kann. Dabei sollte die Verdichtung humantoxischer Gefährdungen auf einen Punktwert (Score) dazu verwendet werden, Bauprodukte bzw. Bau-

⁶⁷ Die Studie liegt nur als Zusammenfassung in englischer Übersetzung vor.

elemente vergleichend bewerten zu können. Die Freisetzung in der Innenraumluft wurde in Analogie zu EURAM von den in den Bauprodukten verwendeten Stoffmengen, aber nicht von den jeweiligen Stoffeigenschaften (Dampfdruck usw.) abgeleitet. Die Abschätzung der Wirkung beruhte auf den R-Satzeinstufungen der dabei verwendeten Stoffe. In Bezug auf das Produktbeispiel Abdichtsysteme betont die Studie, dass die aus den Sicherheitsdatenblättern und Produktinformationen bezogene Kenntnis sich auf die darin enthaltenen gefährlichen Stoffe beschränkt und dabei "nicht-gefährliche" aber bedenkliche Stoffe wie Chlorparaffine und organische Lösungsmittel nicht berücksichtigt werden. Außerdem war es auch nicht möglich, die vollständige Zusammensetzung von Produktkomponenten ("Primer") in Erfahrung zu bringen. Da es sich dabei um Zweikomponentensysteme handelt und die Stoffe sich durch Reaktion deaktivieren, war dies bei der Bewertung zusätzlich zu berücksichtigen. Mit EURAM werden in Verarbeitungsprozessen stattfindende chemische Reaktionen mit Folgeprodukten jedoch nicht berücksichtigt.

Insgesamt lieferte die Studie das Ergebnis, dass EURAM insgesamt zu "grob" ist, um den Einfluss von Baumaterialien auf die Qualität der Innenraumluft darzustellen. Im Gegensatz dazu wird die EURAM für die Darstellung von Umweltbelastungen in der Entsorgungsphase als durchaus brauchbar angesehen. Zusammenfassend stellt die Studie fest: "From the application of different methods it can be emphasized that very simple methods should be used so long as life cycle assessments do not include impacts in the indoor climate and from disposal due to the lack of data and models. At present it may be possible instead to list substances or to indicate the amount of specific categories of substances. However, efforts to obtain more data on chemicals and to develop generally accepted score methods should be intensified" (Krogh, Olsen 2001, S 15).

A6.2 STANDARDMETHODEN DES LIFE CYCLE ASSESSMENT (ÖKOBILANZIERUNG)

Lebenszyklusanalysen bzw. Ökobilanzierung bzw. Life Cycle Assessment (LCA) ist eine Methode, welche die mit einem Produkt verbundenen Umweltaspekte bewertet. LCA untersucht potentielle Umweltwirkungen über den gesamten Lebensweg eines Produktes und umfasst dabei die Rohstoffgewinnung, Produktion, Nutzung und Entsorgung. Unter Umweltwirkungen werden dabei außer dem Ressourcenverbrauch und direkter ökologischer Wirkungen (Treibhauseffekt, Versauerung usw.) auch Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit subsumiert. LCA soll helfen, Umweltaspekte von Produkten in verschiedenen Lebensphasen zu verbessern, etwa indem sie für strategische Planungen, Produktumstellungen und Prozessentwicklungen in Politik und Wirtschaft eingesetzt werden. Allgemeine Regeln zur Erstellung einer LCA werden durch die Normenreihe EN ISO 14040-43 festgelegt. Demnach ist LCA ein dynamischer und vernetzter Prozess, der aus vier ineinander greifenden Phasen besteht:

- Definition des Ziels und Untersuchungsrahmens.
- Sachbilanz (Inventory): Festlegung von Systemgrenzen sowie Bestandsaufnahme der Input/Output Daten in Bezug auf das untersuchte System. Dazu gehören etwa aller Arten von Emissionen in Umweltkompartimente, z.B. die Emission einzelner VOC in die Luft.
- Wirkungsabschätzung (Impact assessment): Sachbilanzergebnisse werden ausgewählten Wirkungskategorien zugeordnet. Einzelne VOC können etwa der Wirkkategorie "Bildung von Photoxidantien" zugeordnet werden, aber auch der Wirkungskategorie "Humantoxizität". Für eine exakte Beschreibung der Wirkungskategorie ist ein Charakterisierungsmodell erforderlich.

- Auswertung bzw. Interpretation: Dient unter anderem zur Strukturierung der Ergebnisse und der Darstellung der Schlussfolgerungen.

Für die Charakterisierung der Wirkungskategorie Humantoxizität werden in der LCA Literatur unterschiedliche Modelle vorgeschlagen. Die Unterschiede resultieren unter anderem daraus, wie "Stärke" oder "Schwere" einer toxischen Wirkung beschrieben bzw. bewertet werden. Eine häufig eingesetzte Methode ist CML 2001 bzw. USES-LCA (Guinée 2002). Ein weiteres Modell (Eco-indicator 99) versucht in einem schadensorientierten Ansatz, toxikologische Wirkungen auf den Verlust an Lebenszeit bzw. Einschränkung an Lebensqualität innerhalb einer Population zu beziehen (Disability Adjusted Life Years, DALYs).

Darüber hinaus wurde immer wieder versucht, den USES-LCA Ansatz in Bezug auf die humantoxikologische Bilanzierung zu verbessern, da er einige systemimmanente Schwächen aufweist. So ist es etwa kaum möglich, damit eine lokale Bilanzierung durchzuführen. Die wichtigsten Alternativvorschläge gehen dabei von den Stoffeinstufungen aus (Konzept der Toxizitätsklassen, Konzept der MEG-Äquivalente).

A6.2.1 USES – LCA

Diese Methode basiert auf dem vom RIVM (National Institute of Public Health and Environment) entwickelten Modell USES 2.0 zur Quantifizierung stoffbezogener Risiken. USES 2.0 wurde sukzessive verbessert und an die Erfordernisse einer Ökobilanzierung angepasst (Huijbregts et al. 2000). Das Modell berechnet anhand spezifischer Daten und Emissionen Verteilungen eines Stoffes zwischen verschiedenen Umweltkompartimenten. Zur Beschreibung der humantoxischen Wirkung wird die Kenngröße RCR_{human} (Quotient aus "Predicted daily intake – PDI" und "Human limit value – HLV") berechnet. PDI beschreibt die täglich vom Menschen aus der Luft bzw. über die Nahrung aufgenommene Menge eines Stoffes, HVL entspricht derjenigen Konzentration eines Stoffes, die gerade keine nachteiligen gesundheitlichen Beeinträchtigungen hervorruft. Um Toxizitätspotenziale verschiedener Stoffe miteinander vergleichen zu können, wurde von Guinée et. al (1993) 1,4-Dichlorbenzol (1,4-DCB) als Bezugsgröße vorgeschlagen. Die Darstellung von Wirkungen anhand einer Referenzgröße ist eine übliche Vorgehensweise in der Ökobilanzierung (LCA). Das Toxizitätspotenzial eines Stoffes ergibt sich letztlich aus dem Verhältnis von RCR_{Stoff} zu RCR_{Referenz} und wird in kg 1,4-DCB Äquivalenten ausgedrückt. Das Modell ist auf organische Stoffe ausgerichtet, die Anwendung auf Schwermetalle und dissoziierende Stoffe führt zu beträchtlichen Unschärfen. Gleiches gilt für Stoffe, welche in stabile und/oder toxische Metaboliten umgewandelt werden. Eine beträchtliche Vereinfachung des Modellansatzes liegt darin, dass Endpunkte humantoxikologischer Wirkungen (akuttoxisch, ätzend, reizend, allergen, kanzerogen) mit diesem Ansatz nur unzureichend berücksichtigt werden.

A6.2.2 CML 2001

CML 2001 ist der vom Niederländischen *Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment* (VROM-DGM) beauftragte *Operational Guide to the ISO Standards* (Guinée 2002). Damit soll, wie im Titel angedeutet eine praktische Anwendung der ISO Normenreihe 14040ff für die Ökobilanzierung ermöglicht werden. Die Guidelines formulieren detailliert den aktuellen Stand des USES – LCA Konzeptes und schließen Kennwerte für eine Reihe von Einzelstoffen ein. Für die Wirkungskategorie Humantoxizität wird folgender Rahmen festgelegt:

Tab. A.44: Rahmen für die Humantoxizität laut CML 2001

Sachbilanz	Emissionen toxischer Stoffe in Luft, Wasser und Boden
Wirkungsindikator	Acceptable daily intake, Predicted daily intake
Charakterisierungsfaktor	Humantoxizitätspotenzial (HTP) der Emission einer jeden toxischen Substanz in Luft, Wasser und Boden in kg 1,4-Dichlorbenzoläquivalenten/kg Emission (kg 1,4-DCB eq./kg) Beispiele: Cadmium (150.000); Benzol (1900); Permethrin (0,85)

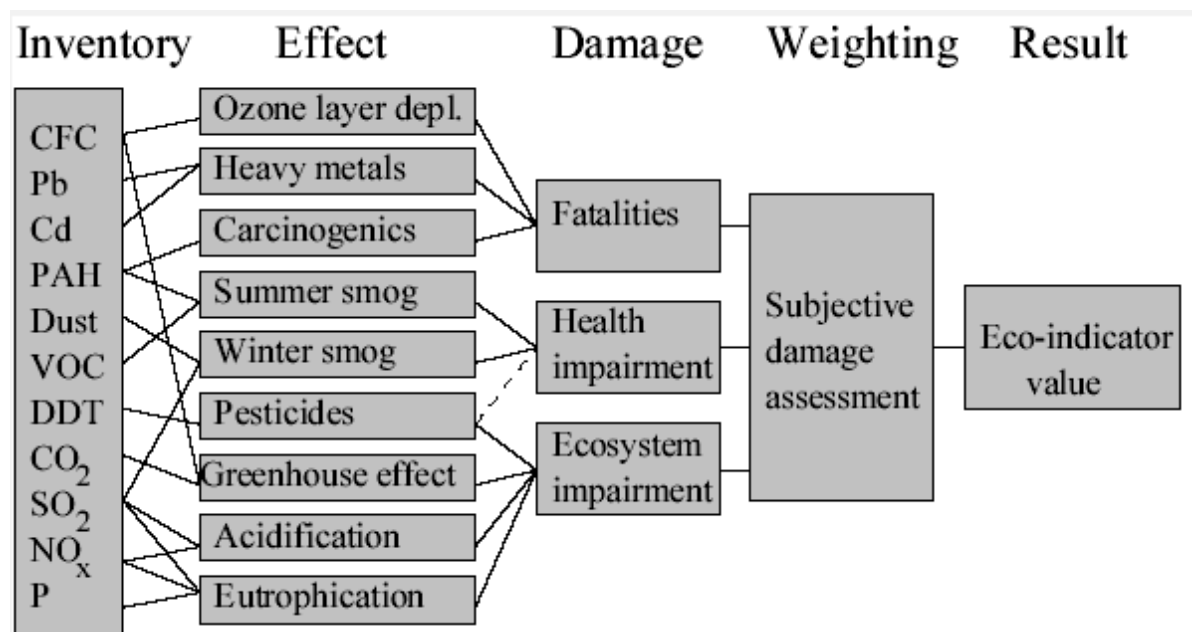
A6.2.3 Eco-indicator 99

Eco-indicator 99 wurde im Auftrag des niederländischen Ministeriums im Rahmen einer integrierten Produktpolitik entwickelt und ist als Hilfestellung für DesignerInnen und ProduktmanagerInnen konzipiert (Goedkoop und Spriensma 2001). Ein Charakteristikum der Methode ist, dass bei der Interpretation von Emissionen bzw. der Sachbilanz der Betrachtung tatsächlich verursachter Schäden eine wichtige Rolle zukommt. Dazu legt die Methode folgende zu betrachtende Schadenskategorien fest:

- Schäden an der menschlichen Gesundheit,
- Schäden an der Qualität des Ökosystems,
- Schäden an Ressourcen.

Die Betrachtungsebene ist dabei primär Europa. Die Methode sieht vor, dass die Resultate aus der Schadensermittlung unter Anwendung von (subjektiven) Gewichtungsfaktoren zu einer Zahl, dem "Eco-indicator" aggregiert werden, wie unten stehende Graphik verdeutlicht. Die dahinterstehende Absicht ist es, häufig in Produktdesigns eingesetzte Materialien und Prozesse durch Kennzahlen zu charakterisieren und so ein einfaches Werkzeug für die Integration einer den Lebenszyklus berücksichtigenden Betrachtungsweise bereitzustellen.

Abb. A.3: Schema des Eco-indicators 99



Quelle: Goedkoop und Spriensma 2001

Daten aus der Sachbilanz (Emissionen und Umweltkonzentrationen) werden über eine Modellierung mit Schadenskategorien (damages) in Beziehung gesetzt. Zusätzlich zur Modellierung bedarf es auch gesellschaftspolitisch begründeter Gewichtungen (Weighting), um "Auswirkungen" interpretieren zu können. Gewichtungen von Schäden werden demnach hauptsächlich einer "Wertesphäre" (valuesphere) zugeordnet und von der "Technosphäre" (Sachbilanz) bzw. der "Ökosphäre" (Modellierung) unterschieden.

Eco-Indicator 99 definiert Gesundheit als die Abwesenheit von durch Umwelteinwirkungen hervorgerufenen Krankheiten, Behinderungen oder vorzeitigem Tod. Schäden an der menschlichen Gesundheit sind Infektionskrankheiten, kardiovaskuläre Erkrankungen, Krebs sowie Atemwegserkrankungen. Als Verursacher werden Klimaveränderung, radioaktive Strahlung, Verringerung der Ozonschicht sowie toxische Stoffe (toxic chemicals) identifiziert bzw. postuliert, nicht berücksichtigt werden etwa die Einwirkung endokrin wirksamer Stoffe oder sensibilisierender Stoffe, Lärm oder Geruch. Um Schäden an der menschlichen Gesundheit über eine Population hinweg zu aggregieren, wird das DALY Konzept (Disability Adjusted Life Years) verwendet, welches von WHO und Weltbank für die Bewertung von Gesundheitssystemen entwickelt wurde. Das Konzept gewichtet dabei die "Schwere von Erkrankungen" (severity weights) auf einer Skala von 0 bis 1, wobei schweren Erkrankungen der Maximalwert 1 zugeordnet ist. Dieser Gewichtungsfaktor wird kombiniert mit "verlorener Lebenszeit", welche durch vorzeitigen Tod (Years of Life Lost, YLL), Erkrankung bzw. Behinderung (Years of Life Disabled, YLD) verursacht wird: Führt eine Krebserkrankung dazu, dass die Lebenserwartung um 10 Jahre sinkt, beträgt das DALY 10, bzw. auf ein Jahr bezogen 1.

Von den Ergebnissen der Sachbilanz ausgehend werden in Zwischenschritten entsprechende Zwischenbilanzierungen durchgeführt: Emissionen bewirken Veränderungen von Umweltkonzentrationen in Luft, Nahrung und Trinkwasser, was im Zuge der Modellierung dargestellt wird. Vom Menschen aufgenommene Stoffmengen bedingen Gesundheitsschäden unterschiedlicher Art. Dabei ist eine differenzierte Vorgehensweise erforderlich: Bei der Schadenserhebung kanzerogener Stoffe wird ein *Unit risk factor* definiert. Dieser entspricht der Wahrscheinlichkeit, dass ein Individuum im Verlauf einer durchschnittlichen Lebenserwartung von 70 Jahren aufgrund einer Stoffexposition von $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Krebs entwickelt. Die Anzahl der von der Exposition Betroffenen richtet sich nach der Bevölkerungsdichte bzw. nach der Verweilzeit des Stoffes. Daraus und aus statistischen Daten über Krebsfälle ergeben sich DALYs je kg emittierten Stoffes als Schadensfaktor (damage factor). Für die Schadenserhebung respiratorischer Erkrankungen, welche durch organische Luftschadstoffe bedingt sind, werden epidemiologische Daten herangezogen. Dies ist aber eingeschränkt auf ozonerzeugende Schadstoffe.

A6.3 BEWERTUNGSVORSCHLÄGE FÜR HUMANTOXIZITÄT IM RAHMEN DER LCA-METHODIK

A6.3.1 Konzept der Toxizitätsklassen

Keller et al. (1998b) schlagen für die Wirkungskategorie Humantoxizität ein Konzept vor, welches die Schwächen des "Standardmodells" USES-LCA zu vermeiden versucht. Als Schwächen werden etwa eine zu vereinfachte Betrachtungsweise von Emissionen (je ein Wert je Kompartiment) bzw. das Fehlen einer Differenzierung nach Wirkungen (akute, kan-

zerogene, hautreizende oder sensibilisierende Effekte) genannt. Das alternativ vorgeschlagene Konzept der Toxizitätsklassen (*hazard potential classes*) beinhaltet als Kernelement die Beschreibung von Stoffwirkungen mittels R-Sätzen bzw. MAK Werten. Bei den Emissionen wird zwischen *Outdoor Emission* und *Indoor Emission* differenziert. Eine wichtige Voraussetzung für die Bewertung ist die qualitative und quantitative Identifizierung emittierter Stoffe, wobei Stoffgemische zumindest anhand deren Leitsubstanzen bewertet werden. Der Zusammenhang zwischen den Einstufungen eines Stoffes und den daraus abgeleiteten Klassifizierungen in Abhängigkeit vom Ort der Emission zeigt die folgende Tabelle für das Kompartiment Luft⁶⁸. Die "Schwere" der Wirkung nimmt dabei von "a" nach "d" bzw. von "A" nach "E" hin zu:

Tab. A.45: Toxizitätsklassen (*Outdoor, Indoor*) in Abhängigkeit von R Sätzen und sonstigen Grenzwerten

TRGS 900 (Luftgrenzwert in mg/m ³)	TRGS 905	R Sätze	Toxizitäts- potenzial	Toxizitäts- klasse: Outdoor Emission	Toxizitäts- klasse: Indoor Emission
≥ 400		R 20, 21, 22, 36, 37, 38, 34	a	A	B
5 ≤ LGW < 400	R _F 3, R _E 3	R 23, 24, 25, 39/23, 39/24, 39/25, 40/20, 40/21, 40/22, 35, 41, 64, 33, 48/20, 48/21, 48/22, 62, 63; Ersatzwert	b	B	C
LGW < 5	C3, M3 R _F 1, R _F 2, R _E 1, R _E 2	R 26, 27, 28, 39/26, 39/27, 39/28, 42, 43, 48, 48/23, 48/24, 48/25, 40, 60, 61	c	C	D
	C1, C2, M1, M2	R 45, 49, 46	d	D	E

a für LGW ≥ 400 mg/m³ und < 4000 mg/m³

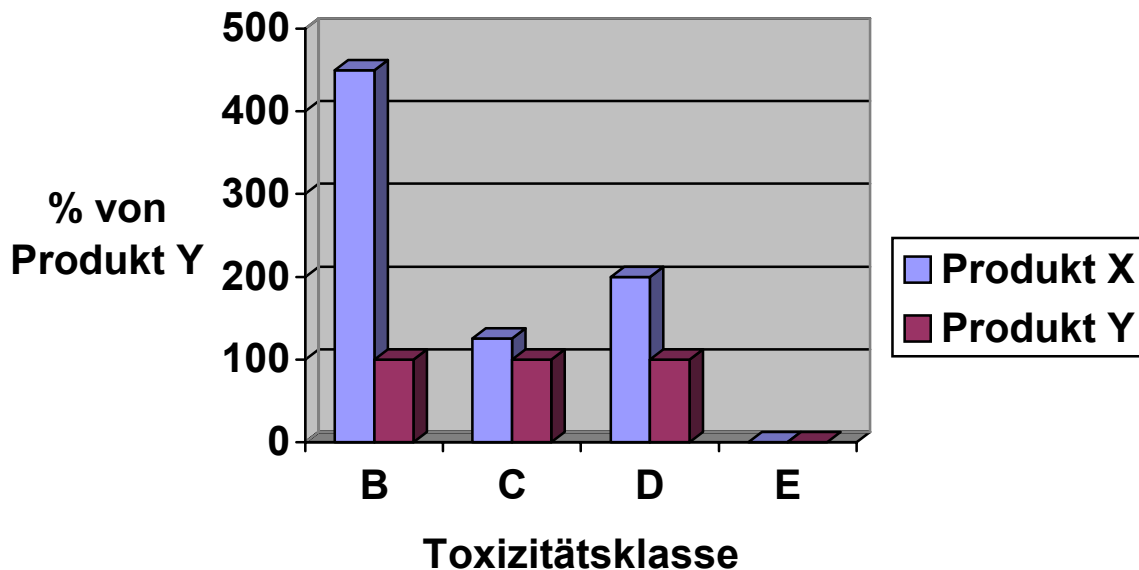
Die Festlegung von zwei Toxizitätsklassen ist aufgrund unterschiedlicher Expositionen erforderlich. Bei *Indoor Emission* wird eine höhere Schadstoffkonzentration bzw. Exposition erreicht als bei *Outdoor Emission* Exposition. Mit *Indoor Emission* wird eine klassische Arbeitsplatz- bzw. Nutzungssituation beschrieben. Für Stoffe mit sehr hohem Gefährdungspotenzial wie Kanzerogenen oder Mutagenen der EU Kategorie 1 oder 2, die zudem *Indoor* Situation eingesetzt werden, wird deshalb eine eigene Toxizitätsklasse (E) vorgesehen.

Nach den Prinzipien der LCA ist die Feststellung der emittierten Mengen sowie des Ortes der Emission Gegenstand der Sachbilanz (inventory). Die dabei erhobenen emittierten Mengen eines jeden Produktbestandteiles werden zusammen mit seiner Einstufung in die jeweilige Toxizitätsklasse multipliziert, als Ergebnis erhält man, wie in der Graphik dargestellt, eine Verteilung auf die Toxizitätsklassen. Damit sind auch Produktvergleiche möglich. Die unten stehende Graphik zeigt für zwei Produkte die Verteilung auf die Toxizitätsklassen B, C, D

⁶⁸ Auf eine Darstellung der Beziehungen für das Kompartiment Wasser wird hier verzichtet, da dort die umweltrelevanten Auswirkungen dargestellt werden.

und E⁶⁹. Dazu werden die im jeweiligen Produkt enthaltenen Mengen an Inhaltsstoffen der jeweiligen Toxizitätsklasse zugeordnet und anschließend aufsummiert. Im angeführten Beispiel emittiert kein Produkt Stoffe, die der Toxizitätsklasse E zuzuordnen sind. Produkt X enthält hingegen eine doppelt so hohe Stoffmenge der Toxizitätsklasse D als Produkt Y. Zu Vergleichszwecken wird die Verteilung willkürlich auf ein Produkt normiert, im angeführten Beispiel auf Y.

Abb. A.4: Anteile von Produkt "X" und "Y" an den Toxizitätsklassen



Die AutorInnen verweisen darauf, dass nicht nur die emittierte Stoffmenge von Bedeutung ist, sondern auch die Häufigkeit und Dauer der Emission sowie der Umstand, dass diese nur in Verbindung mit einer menschlichen Exposition von Relevanz sind. Sie schlagen deshalb vor, dies künftig durch Gewichtungsfaktoren zu berücksichtigen und eine vertiefte Analyse der Expositionssituation durchzuführen.

A6.3.2 Konzept der MEG-Äquivalente

Auch das von AutorInnen des Öko-Institutes e.V. Freiburg (Bunke und Graulich 2001) vorgeschlagene Konzept geht von der eingeschränkten Praxistauglichkeit des Standardmodells USES-LCA bei der Darstellung der Wirkungskategorie Humantoxizität aus. So wird darauf verwiesen, dass die Anzahl der mit diesem Standardmodell bewertbaren Stoffe begrenzt bzw. gering ist, das Bewertungssystem insgesamt komplex und die verwendeten Begrifflichkeiten für Nichtfachleute in Unternehmen nur mit hohem Aufwand nachvollziehbar sind. Bei dem von ihnen vorgeschlagenen Konzept *MEG-Äquivalente* handelt es sich um eine Weiterentwicklung des aus der TRGS 440 als Arbeitsschutz-Tool bekannten Wirkfaktoren-Modells zu einem für die Anwendung in LCA geeigneten Bewertungsinstrument.

Jeder Gefahrstoff wird üblicherweise über die in den Sicherheitsdatenblättern enthaltenen R-Sätze charakterisiert. Gefahrenhinweise beschreiben in standardisierter Form die gefährli-

⁶⁹ A impliziert keine nachteiligen Wirkungen.

chen Eigenschaften von Stoffen und stellen zugleich eine allgemein verfügbare Bewertungsgrundlage dar. Im Konzept werden R-Sätze analog zum Wirkfaktoren-Modell mit Wirkfaktoren (W) verknüpft. Je gefährlicher die Stoffeigenschaft eingeschätzt wird, desto höher ist der korrespondierende Wirkfaktor. Stoffen ohne Gesundheitsrisiko kommt ein $W = 0$, Stoffe mit nachgewiesenem kanzerogenen Potenzial werden mit einem $W = 50.000$ gewichtet. Für Zubereitungen mit mehr als einem Gefahrstoff⁷⁰ wird der Wirkfaktor nach folgender Formel errechnet:

$$W_{\text{Zubereitung}} = W_A \cdot P_A + W_B \cdot P_B + \dots$$

W_A, W_B Wirkfaktoren der Stoffe A bzw. B

P_A, P_B Gew% der gefährlichen Inhaltsstoffe

Tab. A.46: Berechnung des Wirkfaktors eines Holzschutzmittels

Gefährliche Inhaltstoffe	R-Sätze	W	P	(W x P)/100
Kristallöl 60	R65 b	10 a	25	2,5
Kristallöl 30	R65 b	10 a	25	2,5
Cocosfettsäure Diethanolamin	R36/38 c	5	10	0,5
Isononylphenol, ethoxyliert	R36/38 c	5	2,5	0,125
			W _{Zubereitung} = 5,6	

^a Im Unterschied zu den Angaben in Abschnitt 6.3.3. (Wirkfaktoren-Modell) wird von Bunke und Graulich (2001) der Wirkfaktor von R65 mit 10 festgesetzt

^b R65: Gesundheitsschädlich, kann bei Verschlucken Lungenschäden verursachen

^c R36/38: Reizt die Augen und die Haut

In einem nächsten Schritt legt das Konzept den Wirkfaktor für Monoethylenglykol (1,2-Ethandiol, "Glykol") als Referenz fest. Die Flüssigkeit Monoethylenglykol (MEG) wird als unter anderem zum Gefrierschutz und als Grundchemikalie verwendet, die Einstufung ist R22: "Gesundheitsschädlich beim Verschlucken". Der Wirkfaktor von Monoethylenglykol (W_{MEG}) hat demnach den Wert 10. Durch Vergleich eines Stoffes mit W_{MEG} ergibt sich als Kenngröße der Gewichtungsfaktor HSP_i (Hazardous substance potential of single compound i, $HSP_i = W/W_{\text{MEG}}$). Anhand dieser dimensionslosen Größe können verschiedene Stoffe miteinander verglichen und mengenmäßig bilanziert werden. Für das Holzschutzmittel in Tabelle 8.7. errechnet sich aus dem Wirkfaktor 5,6 ein Gewichtungsfaktor von 0,6.

Üblicherweise werden in Prozessen bestimmte Mengen an Gefahrstoffen umgesetzt und bilanziert. Durch Multiplikation der Gewichtungsfaktoren mit den umgesetzten Stoffmengen der Produkte erhält man schließlich die auch für eine Ökobilanzierung geeignete Bilanzierungsgröße *kg MEG-Äquivalente*:

$$\text{kg MEG-Äquivalente} = \sum (m_i \cdot HSP_i)$$

⁷⁰ Gefahrstoff ist ein Inhaltstoff mit gefährlichen Stoffeigenschaften

m_i Stoffmenge – Einzelstoff oder der Zubereitung i (kg)

HSP_i Gewichtungsfaktor – Einzelstoff oder der Zubereitung i

Tab. A.47: Vergleich zweier Holzschutzmittel anhand von *kg MEG-Äquivalenten*

Gefährliche Inhaltsstoffe		Gehalt (%)	R-Sätze	Wirkpotenzial W
Aidol Carbolin	Kristallöl 60	25	R65 a	10
	Kristallöl 30	25	R65 a	10
	Cocosfettsäure-Diethanolamin	10	R36/38	5
	Isononylphenol, ethoxyliert	2,5	R36/38	5
Gesamtgehalt an Gefahrstoffen: 62,5%			1 kg = 0,56 kg MEG-Äquivalente	
Adolit CKO flüssig	Chromtrioxid	50%	R25	100
			R35	500
			R43	500
			R49	50.000
	Kupferoxid	14,4%	R22	10
Gesamtgehalt an Gefahrstoffen: 64,4%			1 kg = 2.500 kg MEG-Äquivalente	

^a Im Unterschied zum Wirkfaktoren Modell beträgt der Wirkfaktor für R65 = 10

Mit den MEG-Äquivalenten wird ein Vergleich von Produkten hinsichtlich ihres Gefahrenpotenzials am Arbeitsplatz möglich. Voraussetzung dafür ist, dass die Produkte in vergleichbaren Anwendungen und Verfahren eingesetzt werden. Als Anwendungsbeispiel für die Methode wurde im Rahmen eines Forschungsprojektes der Gefahrstoffeinsatz bei der Errichtung von 2 Wohngebäuden bilanziert und bewertet (Graulich 2000).

In Spalte 2 der unten stehenden Tabelle sind typische Verbrauchsmengen für ein Wohnhaus in konventioneller Leichtziegelbauweise mit 177 m² Wohnfläche wiedergegeben. Anschließend wurde für eine Produktgruppe die Bandbreite des Gefahrstoffgehaltes für die am Markt verfügbaren Produkte bestimmt und, für gefahrstoffarme und gefahrstoffreiche Produkte getrennt, anhand der Berechnung der kg MEG-Äquivalente eine Gefahrstoffbilanzierung durchgeführt:

Tab. A.48: Gefahrstoffbilanzierung – Baumaterialien

Produktgruppe	Einsatzmenge (kg)	Gefahrstoffarme Produkte		Gefahrstoffreiche Produkte	
		Schadstoffe (kg)	kg MEG-Äquivalente	Schadstoffe (kg)	kg MEG-Äquivalente
Dispersions- und Deckfarben	323,7	7,8	3,2	121,4	162.238
Holzfensterlacke	46,7	11,8	8,4	10,1	58,8
Heizkörperlacke	7,5	0,17	0,08	2,97	1.892
Holzschutzmittel	8,9	0	0	8,4	26.645
Klebstoffe für Linoleumböden	79,0	0	0	73,4	200.865
Klebstoffe für Bodenbeläge	70,0	0	0	64,8	177.982
Klebstoffe für Steinzeugplatten	144,0	0	0	54,4	2.606
Dichtungsmittel	13,0	0	0	2,6	6.565
Zement	31.725	0,0032	0,16	1,11	55,5
Summe aller Produktgruppen		20	12	340	580.000

Der hohe Unterschied in der Bilanz zwischen gefahrstoffarmen und gefahrstoffreichen Produkten (12 kg gegenüber 580.000 kg) ist dadurch begründet, dass bei den gefahrstoffreichen Produkten krebserzeugende Stoffe enthalten sind und diese mit einem sehr hohen Wirkfaktor in die Berechnung eingehen.

Die AutorInnen schlagen für die Anwendung in der Ökobilanzierung *MEG-Äquivalentwerte* als eine Indikatorgröße vor, die durch den Gewichtungsschritt (HSP) und Bezug auf eine Referenzgröße bereits die für Indikatoren geeignete Struktur besitzt. *MEG-Äquivalente* sind Bestandteil der integrierten ökologischen Bewertung (*EcoGrade*), die vom Öko-Institut in Freiburg zur Produktoptimierung und zum Produktvergleich entwickelt wurde. Die AutorInnen betonen, dass die Methode nicht den Anspruch hat, eine umfassende human- und ökotoxikologische Produktbewertung vorzunehmen und dass für umweltmedizinische Fragestellungen, bei denen es um die Auswirkungen des Produkteinsatzes für VerbraucherInnen geht, zusätzliche Informationen erforderlich sind.

A7 WEICHMACHER IM SINNE DER VDL-RICHTLINIE 01

- Phthalsäureester (Phthalate), wie z.B. Dimethylphthalat, Di-n-butylphthalat, Diethylphthalat, Di-2-thylhexylphthalat, Benzylbutylphthalat, Din-octylphthalat, Dicyclohexylphthalat, Diphenylphthalat, Diisobutylphthalat, Dipropylphthalat, Dibutoxyglycolphthalat
- Adipinsäureester (Adipate), wie z.B. Di-n-butyladipat, Poly-1,2-propylenglykoladipat, Di-2-ethylhexyladipat, Di-iso-nonyladipat, Adipinsäurepolyester mit 1,3-Butandiol und 1,6-Hexandiol, Adipinsäurepolyester mit 1,3- und 1,4-Butandiol, deren freie Hydroxylgruppen acetyliert sind
- Sebacinsäureester (Sebacate), wie z.B. Dibutylsebacat, Di-2-ethylhexylsebacat
- Maleinsäureester (Maleinate)
- Glutarsäureester (Glutarate)
- Alkylpentandiolester, wie z.B. 2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandiolmonoisobutytrat, 2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandioldiisobutytrat
- Phosphorsäureester, wie z.B. Diphenyl-2-ethylhexylphosphat, Triphenylphosphat, Trikresylphosphat, Diphenylkresylphosphat
- Acetyltributylcitrat, Acetyl-tri-2-ethylhexylcitrat
- Di-n-hexylazelat
- Acetyltricinolsäurebutylester
- Saccharoseacetatisobutytrat
- Trimellitsäureester (Trimellitate)
- Glykolether, wie z.B. Tripropylenglykol-mono-n-butylether
- Alkylsulfonsäureester (C10-C20) des Phenols und der Methylphenole