

**Literaturstudie zu VOC-Emissionen  
aus Fugendichtmassen nach  
E DIN 15651-1 und E DIN 15651-2**

**T 3255**

T 3255

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2011

ISBN 978-3-8167-8479-1

Vervielfältigung, auch auszugsweise,  
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

**Fraunhofer IRB Verlag**

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69  
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00  
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail [irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)

[www.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de)

# **Literaturstudie zu VOC-Emissionen aus Fugendichtmassen nach E DIN 15651-1 und E DIN 15651-2**

Erstellt im Auftrag des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt)  
Förderungsnummer ZP 52-5-20.67-1362/10

durch Dr. Heidrun Hofmann  
Bremer Umweltinstitut GmbH  
Fahrenheitstr. 1  
28539 Bremen

Januar 2011

# Inhalt

1	Einleitung .....	3
2	Einführung.....	4
2.1	Eingrenzung der Produktgruppe.....	4
2.2	Eingrenzung der Anwendungsbereiche .....	4
2.3	Dichtstoffe der DIN EN 15651 Teil 1 und Teil 2 .....	5
3	Allgemeine Beschreibung .....	6
3.1	Einteilung von Dichtstoffen.....	7
3.2	Fazit „Allgemeine Beschreibung“ .....	9
4	Allgemeine Produktrecherche .....	10
4.1	Verband- und Herstellerangaben.....	10
4.2	Angaben zu Gefahrstoffen.....	11
4.3	Fazit „Allgemeine Produktrecherche“ .....	13
5	Bewertungsinstrumente und Label .....	14
5.1	Ratgeber (nutzerbezogen).....	14
5.2	Prüfzertifikate .....	14
5.2.1	Blauer Engel .....	15
5.2.2	EMICODE.....	16
5.3	Vergleich der Prüfzeichen .....	17
5.4	Produkttests.....	18
5.4.1	Öko-Test .....	18
5.5	Fazit „Bewertungsinstrumente und Label“ .....	19
6	Emissionsprüfungen .....	21
6.1	UBA-Forschungsvorhaben .....	21
6.2	Emissionsprüfungen Prüflabore.....	22
6.2.1	Emissionsprüfungen im Auftrag von Herstellern.....	22
6.2.2	Emissionsprüfungen im Auftrag von Anwendern.....	22
6.3	Herstellerangaben zu durchgeführten Emissionsprüfungen.....	23
6.4	Fazit „Emissionsprüfungen“ .....	23
7	Raumluftuntersuchungen .....	25
7.1	AGÖF-Forschungsprojekte.....	25
7.2	Fallbeispiele .....	27
7.3	Fazit „Raumluftuntersuchungen“ .....	31
8	Diskussion der Prüfergebnisse .....	32
8.1	Prüfbedingungen und Prüfparameter.....	33
9	Schlussfolgerungen.....	35
10	Zusammenfassung .....	38
11	Literatur und Quellenangaben .....	40
12	Anhang.....	43

# 1 Einleitung

Während in der Vergangenheit Fugendichtmassen aufgrund ihrer Gehalte gesundheitlich relevanter, schwerflüchtiger Verbindungen wie PCB, PAK, Chlorparaffine und auch Asbest auf sich aufmerksam gemacht haben, zeigen neuere Untersuchungen der aktuell auf dem Markt befindlichen Produkte ein erhebliches Emissionspotential für flüchtige organische Verbindungen.

Fugendichtmassen werden in Innenräumen insbesondere für den Einbau von Fenster- und Türelementen sowie Fertigbauelementen eingesetzt. Spritzbare Fugendichtstoffe haben die Funktion, die Baudynamik anderer Bauteile und Baumaterialien aufzunehmen und abzufangen, um Rissbildungen zu vermeiden. In Gebäuden kommen ihnen wesentliche Funktionen des Feuchte- und Wärmeschutzes zu. Dabei ist die Bedeutung der Fugenabdichtung im Zuge der Energieeinsparbemühungen deutlich gestiegen. Für die Funktionsfähigkeit der Fuge sind die Dehnfähigkeit des Materials und die Adhäsion an den abzudichtenden Bauteilen erforderlich. Die Anwendungsbereiche und eingesetzten Mengen sind sehr variabel. Die Anwendung von Fugendichtmassen erfolgt im Zuge der Errichtung des Gebäudes sowie im Rahmen der Instandhaltung und Erneuerung.

Ergebnisse aus Innenraumuntersuchungen zeigen, dass im Zusammenhang mit der Anwendung von Fugendichtmassen Geruchsbelästigungen und erhöhte VOC-Konzentrationen in Innenräumen auftreten können. Obwohl es sich in der Regel bei der Anwendung von Fugendichtmassen um vergleichsweise geringe Oberflächen handelt, konnten in Einzelfällen in Abhängigkeit von den eingesetzten Fugendichtmassen anhaltend hohe Emissionen festgestellt werden. Es besteht daher der Verdacht, dass aus der Anwendung von Fugendichtmassen aufgrund der Art der Anwendung und der Zusammensetzung der eingesetzten Produkte gesundheitlich relevante Emissionen in Innenräumen resultieren können.

Im Zusammenhang mit der Umsetzung der Anforderungen des Umwelt- und Gesundheitsschutzes an Bauprodukte stellt sich daher die Frage, ob eine Zulassungspflicht für bestimmte Fugendichtstoffe bei der Verwendung in Aufenthaltsräumen installiert werden sollte.

Da bisher nur wenige Untersuchungen über das Emissionspotential von Fugendichtmassen vorliegen, zielt die vorliegende Literaturstudie darauf ab, den Stand bisheriger Untersuchungen zu erfassen, um zunächst Informationen über mögliche Emissionen zusammenzutragen und auszuwerten.

Hierfür wurden neben der Auswertung von Veröffentlichungen und Produktangaben Hersteller und Prüflabore befragt sowie Ergebnisse aus Material- und Raumluftuntersuchungen berücksichtigt.

Es soll geprüft werden, ob eine Einteilung von Fugendichtmassen unterschiedlicher chemischer Basis bzw. Vernetzung in Bezug auf ihr Emissionspotential erfolgen kann und es sollen Empfehlungen zu weitergehenden Kammerprüfungen bestimmter Produkte gegeben werden.

## **2 Einführung**

### ***2.1 Eingrenzung der Produktgruppe***

Unter Fugendichtstoffen werden hier spritzbare Produkte verstanden, die bei der Anwendung flüssige bis pastöse Produkte mit hohem Anteil organischer Bindemittelmittel darstellen und zur Abdichtung von Fugen zwischen oder innerhalb von Bauteilen in Aufenthaltsräumen verwendet werden.

Nicht betrachtet werden zementäre Fugenmassen (Fugenmörtel), Montageschäume, vorkomprimierte Dämm- und Fugenbänder aus Schaumkunststoff, Abdichtungsfolien, Fugendämmstoffe sowie vorgefertigte, dauerplastische Dichtungen. Auch Kitte (wie z.B. Fensterkitt oder Holzkitt), die verspachtelt werden und u.a. aus Naturstoffen wie Leinöl, Schlämmkreide oder Holzspänen hergestellt werden, sind nicht Gegenstand dieser Studie.

Die Begriffe Dicht- bzw. Dichtungsmasse, Dichtstoff, Fugendicht- bzw. Fugendichtungsmasse und Fugendichtstoff werden gleichbedeutend verwendet.

### ***2.2 Eingrenzung der Anwendungsbereiche***

Fugendichtstoffe sind Produkte, die in Fugen eingebracht werden und diese abdichten, indem das Material an den Fugenflanken haftet. Je nach Dichtstoffart können weitere Hilfsmittel wie Primer oder Glättmittel erforderlich sein. Primer werden als Untergrundvorbereitung eingesetzt während Glättmittel abschließend die Beschaffenheit der Oberfläche optimieren.

Fugendichtstoffe werden auf unterschiedlichsten Materialarten (wie Glas, Metall, Holz, Kunststoff, Naturstein) eingesetzt und müssen verschiedenste Anforderungen z.B. hinsichtlich ihrer Dauerhaftigkeit, Elastizität, Temperaturbeständigkeit, UV-Beständigkeit oder Wasserundurchlässigkeit erfüllen.

Die verschiedenen Fugentypen, mit denen Handwerker in den Bau- und Ausbaugewerken konfrontiert werden, erfordern spezielle Materialien und Ausführungstechniken um dauerhaft "funktionieren" zu können. Es besteht in einigen Anwendungsbereichen ein fließender Übergang zu den Klebstoffen.

Am Bau können Fugen ein toleranzbedingt gewollter oder entstandener Spalt zwischen zwei Bauteilen sein. Sie können einen bautechnischen Zweck erfüllen, der Gestaltung dienen oder sich als Riss zum Bauschaden entwickeln.

Die Fugenabdichtung ist Bestandteil einer funktionellen Gebäudeabdichtung nach den Anforderungen der EnEV. Die Ausführung der Fugen erfordert viel Sorgfalt. Fehler bei der Fugenausführung können ein hohes Maß an unkontrollierten Wärmeverlusten zur Folge haben. In der Baupraxis gilt die Abdichtung der Gebäudeanschlussfuge vor allem zwischen Fenster und Baukörper als besondere Herausforderung.

Die mangelhafte Ausführung oder Wartung von Fugen und Anschlüssen kann, wenn Fugen reißen und undicht werden, massive Bauschäden zur Folge haben.

Fugenabdichtungen werden sowohl bei der Herstellung des Gebäudes als auch bei der Erneuerung von Bauteilen bzw. dem Wartungserfordernis der Fuge selbst im Laufe der Nutzung eines Gebäudes hergestellt. Fugendichtmassen werden sowohl vom Fachmann als auch vom Do-it-yourself-Verarbeiter eingesetzt.

Die Anwendungsbereiche von Fugendichtstoffen im Innen- und Außenbereich sind entsprechend vielfältig. Sie werden z.B. eingesetzt für:

- Innenfugen, Anschluss- und Dehnungsfugen in Wänden
- zum Abdichten und Ausbessern von Rissen
- zur Abdichtung, Schall- und Wärmedämmung an Fensterrahmen, Türrahmen, Trennwänden und Fassadenelementen
- für Verglasungen
- Innenfugen, Anschluss- und Dehnungsfugen in Böden
- Dehnungs- und Anschlussfugen im Sanitärbereich
- Fugen in Küchen bzw. in lebensmittel- und trinkwassernahen Bereichen
- Abdichtungen im Holz- und Metallbau
- Verklebung von Folien im Dach- und Fassadenbereich
- Fugen im Außenbereich, Wetterschutz, Dachabdichtung

Die Tabelle A1 im Anhang zeigt eine Übersicht über verschiedene Dichtstoffarten, ihre Anwendungsbereiche und technischen Eigenschaften.

Neben den genannten Anwendungsbereichen existieren weitere, spezielle Anwendungen wie z. B.

- Abdichtungen im Lüftungsbau (RLT-Anlagen),
- Ver fugungen im Hochtemperaturbereich an Heizkesseln, Kaminen, Rauchabzügen, Solaranlagen
- Abdichtungen für den Bau von Glasvitrinen (Museen, Prüfkammern, Aquarien)
- Ver fugungen für den Unterwasserbereich
- Abdichtungen im Apparatebau
- in der Automobilindustrie für Motoren- und Getriebeabdichtungen.

In der vorliegenden Literaturstudie werden insbesondere Innenraum relevante Fugendichtstoffe für Fugen in Wänden, an Fenster- und Türumfassungen sowie für Verglasungen gemäß der DIN EN 15651 Teil 1 und Teil 2 betrachtet.

### **2.3 Dichtstoffe der DIN EN 15651 Teil 1 und Teil 2**

Die DIN EN 15651-1 und DIN EN 15651-2 sind Teil der Normenreihe EN 15651 *Fugendichtstoffe für nicht tragende Anwendungen in Gebäuden und Fußgängerwegen*. Die Reihe umfasst weiterhin die Normen: Teil 3: *Dichtstoffe für Fugen im Sanitärbereich*, Teil 4: *Fugendichtstoffe für Fußgänger* und Teil 5: *Konformitätsbewertung und Kennzeichnung*.

Bei Vergabe des Auftrages für die vorliegende Literaturstudie lagen die relevanten Normen für Fugendichtstoffe DIN EN 15651-1 und DIN EN 15651-2 noch als Entwurf vor. Die E DIN EN galt dabei für Abdichten von Fugen in Wänden, an Fenster- und Türumfassungen im

Außen- und Innenbereich, die E DIN EN 15651-2 galt für Verglasungen. Beide Normenentwürfe wurden als relevant für den Gesundheitsschutz angesehen. Es sind bisher keine Vorgaben hinsichtlich des Gesundheitsschutzes formuliert. Die Normenentwürfe enthalten Anforderungen an die technischen Eigenschaften der Fugendichtstoffe (Einteilung in Klassen je nach Einsatzbereich) sowie die Benennung und Kennzeichnung der Produkte.

Im Juni 2010 sind die Normen als DIN EN 15651-1, Juni 2010: *Fugendichtstoffe für Fassadenelemente* und als DIN EN 15651-2, Juni 2010: *Fugendichtstoffe für Verglasungen* erschienen.

Bei der DIN EN 15651-1 wurde dabei der Anwendungsbereich stark eingeschränkt und umfasst hauptsächlich nur noch den Außenbereich sowie Fenster und Türumfassungen im Innenbereich. Damit existiert zur Zeit keine Norm für Fugendichtstoffe mehr, die Wandfugen im Innenbereich abdeckt.

In der Tabelle 1 werden daher den verschiedenen Anwendungsbereichen der Normenentwürfe die eingesetzten Dichtstoffsysteme zugeordnet, um möglichst alle innenraumrelevanten Produktgruppen zu erfassen.

Tabelle 1: Eingesetzte Dichtstoffe für die Anwendungsbereiche der E DIN EN 15651 Teil 1 und 2

<b>Norm</b>	<b>Name</b>	<b>Anwendungsbereich</b>	<b>Eingesetzte Dichtstoffe</b>
E DIN 15651-1 (2007)	Fugendichtstoffe im Hochbau -Definitionen, Anforderungen und Bewertung der Konformität -Teil 1: Fugendichtstoffe für Fassaden	Umfasst den Außen- und Innenbereich, zum Abdichten von Fugen in Wänden an Fenster- und Türumfassungen	Polyurethandichtstoffe Silikondichtstoffe Silanmodifizierte Polymere Acrylatdichtstoffe
E DIN 15651-2 (2007)	Fugendichtstoffe im Hochbau -Definitionen, Anforderungen und Bewertung der Konformität -Teil 2: Dichtstoffe für Verglasungen	Verglasungsfugen, ab einem Winkel von 7° zur Horizontalen, Glas an Glas, Glas an Rahmen, Glas an porösen Trägermaterialien	Silikondichtstoffe Silanmodifizierte Polymere

### **3 Allgemeine Beschreibung**

Nachfolgend werden die in Innenräumen häufiger eingesetzten Dichtstoffarten:

- Silikondichtstoffe
- Acrylatdichtstoffe
- Polyurethandichtstoffe
- Silanmodifizierte Polymere (SMP)

hinsichtlich ihrer Eigenschaften beschrieben.

Neben diesen genannten Produktarten werden weitere Dichtstoffe im Handel angeboten, teilweise auch für spezielle Anwendungsbereiche. Hierzu gehören beispielsweise auch

Spezialdichtungsmassen für Abdichtungen im Dachbereich, Bitumendichtmassen oder spritzbare Dichtmassen aus Korkschat und elastischem Bindemitteln sowie Dichtungsmassen auf der Basis von Natur-Latex.

Es sind leider keine Daten über Marktanteile oder Verkaufszahlen der in bestimmten Anwendungsbereichen eingesetzten Mengen je nach Produktart verfügbar. Es ist anzunehmen, dass Silikonmassen den größten Marktanteil haben und ein hoher Anteil im Glasbau und für Baufugen verwendet wird.

### **3.1 Einteilung von Dichtstoffen**

Dichtstoffe lassen sich nach verschiedenen Kriterien einteilen:

Nach ihrer Reaktivität werden chemisch reaktive, physikalisch reaktive und nicht reaktive Dichtstoffe unterschieden.

In Bezug auf das mechanische Verhalten wird in elastische, plastoelastische/elastoplastische und plastische Dichtstoffe eingeteilt.

Weiterhin können Dichtstoffe nach der zugrundeliegenden Basischemie oder anwendungsbezogen differenziert werden.

Außerdem werden mehrkomponentige Systeme von einkomponentigen unterschieden.

Generell bestehen Fugendichtmassen zu einem hohen Anteil aus einem Polymer, Weichmachern, mineralischen Komponenten und verschiedenen Hilfsmitteln.

In der nachfolgenden Zusammenstellung werden die genannten Produktarten hinsichtlich ihrer Zusammensetzung und Eigenschaften beschrieben:

Die bedeutendsten Fugendichtstoffe sind Silikone, da sie sich durch eine hohe Elastizität auszeichnen. Der Begriff „Silikon“ wird oftmals gleichbedeutend für spritzbare Fugendichtmassen verwendet.

**Silikondichtstoffe** werden vor allem im Sanitärbereich, in Küchen, an Fenstern und im Außenbereich eingesetzt. Sie sind widerstandsfähig gegen Wasser und weisen eine hohe Elastizität auf. Silikondichtmassen sind nicht überstreichbar.

Silikone sind meist unter Verlust von organischen Resten durch Polykondensation aushärtende Systeme. Sie sind luftfeuchtigkeitshärtend. Dabei tragen die Kettenenden eines beliebigen Polymermoleküls Silangruppen, die unter Zufuhr von Luftfeuchtigkeit aktiviert werden und sich so unter Vernetzung zu einem gummielastischen Netzwerk verbinden. Bei dieser Reaktion werden immer kleine, gelegentlich deutlich riechende Moleküle abgespalten. Die Systeme werden nach den abspaltbaren Resten eingeteilt. Zu unterscheiden sind: Acetatsysteme, Oximsysteme, Alkoxysysteme, Amin/Aminoxysysteme und Benzamidsysteme.

Am bekanntesten sind **acetathärtende Silikonkautschuk-Dichtungsmassen**, welche beim Aushärten Essigsäure abspalten („essigvernetzend“). Es handelt sich um pastöse Zubereitungen, die in verschiedenen Farbtönen angeboten werden. Sie werden u.a. zum Abdichten von Anschluss- oder Dehnungsfugen, Sanitärfugen sowie zur Glasabdichtung eingesetzt. Die Aushärtung der Produkte zu elastischen Silikonkautschuken erfolgt durch Reaktion mit Luftfeuchtigkeit unter Freisetzung von Essigsäure. Die Durchhärtezeiten liegen bei 1- 2 mm pro Tag.

Die Produkte können Polysiloxane, als Vernetzer z.B. Tri- oder Tetraacetoxysilane sowie Füllstoffe, Weichmacher, Extender usw. enthalten. Acetathärtende Silikonkautschuk-Dichtungsmassen zeichnen sich durch eine sehr hohe Stabilität (gegenüber Hitze, UV-Strahlung, Bewitterung) aus sowie durch gute Haftung zu mineralischen Untergründen. Mit alkalischen Untergründen sowie mit Buntmetallen, Blei und Eisen sind sie chemisch unverträglich.

**Oximsysteme** sind mittlerweile der Begriff für neutral aushärtende („neutralvernetzende“) Silikondichtstoffe geworden. Es handelt sich um verschieden eingefärbte Pasten, die u.a. zum Abdichten von Anschluss- oder Dehnungsfugen eingesetzt werden. Die Aushärtung der Produkte zu elastischen Silikonkautschuken erfolgt durch Reaktion mit Luftfeuchtigkeit unter Freisetzung von 2-Butanonoxim. 2-Butanonoxim gilt als krebserregend (EU-Richtlinie 67/548/EWG) bzw. als krebserregend der Kategorie 2 (MAK-Werte-Liste, DFG). Die Durchhärtezeiten liegen bei mehreren Tagen. Die Produkte enthalten u.a. Polydimethylsiloxane, Weichmacher sowie Füll- und Hilfsstoffe.

Verbreitet sind auch **Alkoxyssysteme**. Die **Alkoxyssysteme** sind eine der jüngeren Entwicklungen auf dem Gebiet der feuchtigkeitshärtenden Silikone. Sie spalten niedere Alkohole ab und riechen daher beim Aushärten kaum wahrnehmbar. Alkoxyhärtende Silikone zeigen eine vielseitige Haftfähigkeit, auch auf diversen Kunststoffen, Lacken und Beschichtungen.

Die **Amin/Aminoxysysteme** gehören zu den alkalisch reagierenden Systemen. Sie zeichnen sich durch eine besonders hohe Dehnfähigkeit aus, benötigen aber längere Vernetzungszeiten. Sie weisen beim Aushärten einen charakteristischen, fischartigen Geruch auf. Sie sind am Markt nicht mehr häufig zu finden. Ein ähnliches Schicksal teilen die **Benzamidsysteme**, neutral reagierende Systeme, die ebenfalls charakteristisch riechende Kondensationsprodukte abspalten. Sie werden noch im Fensterbau und für Spezialanwendungen eingesetzt.

Es werden auch **wasserbasierte Silikonfugenmassen** angeboten, die ohne chemische Abspaltung, physikalisch durch die Verdunstung von Wasser trocknen. Silikondichtmassen auf Wasserbasis können überstrichen werden.

In trockenen Bereichen werden Fugen üblicherweise mit **Dichtmassen auf Acrylbasis** geschlossen. Acryldichtmassen sind für Feuchtbereiche nicht geeignet, da sie weniger stabil gegenüber Wasser sind. Acryldichtmassen können überstrichen werden. Auf der Basis von Acrylatdispersionen lassen sich wasserhaltige, gut verarbeitbare Einkomponentensysteme formulieren, die durch Verdampfung von Wasser und der enthaltenen Lösungsvermittler zu einer flexiblen Masse aushärten. Als Lösungsvermittler werden häufig Glykolverbindungen eingesetzt. Acryldichtmassen sind physikalisch härtende Systeme, die durch den Verlust von Wasser ihre endgültige Festigkeit erlangen. Es liegt keine chemische Reaktion zugrunde. Acryldichtmassen behalten ihre Flexibilität nach der Aushärtung zu einem großen Teil durch die in das System integrierten Weichmacher. Als Weichmacher werden Phthalate, darunter hauptsächlich Isononylphthalat, eingesetzt. Zur Konservierung der wässrigen Dispersion werden Konservierungsstoffe u.a. Formaldehydabspalter eingesetzt. Acrylatdichtstoffe haften auf vielen mineralischen oder metallischen Untergründen. Durch den Verlust an Wasser beim Trocknen können Acrylatdichtstoffe um bis zu 25% schrumpfen.

Dichtstoffe auf der Basis von **silanmodifizierten Polymeren (SMP)** bestehen aus einem hochmolekularen Polyether mit endständigen reaktiven Silangruppen. Silanmodifizierte Polymere sind neutral aushärtend und spalten bei Feuchtigkeitzutritt und Vernetzungsreaktion Alkohol ab. Die Produkte sind ein- oder zweikomponentig formulierbar. Zu 90 % wird die einkomponentige Variante im Baugewerbe verwendet. Als Zusätze kommen Füllstoffe, Weichmacher, Silanhaftvermittler, UV-Stabilisatoren, Antioxidantien usw. zum Einsatz. Systeme auf SMP-Basis werden auch als Hybrid oder MS Hybrid Dichtstoffe bezeichnet. Die Bezeichnung MS ist geschützt und darf nur bei Verwendung eines bestimmten Polymers verwendet werden. SMP-Dichtstoffe ersetzen zunehmend Polyurethan- und Silikondichtstoffe. Sie können auf allen Untergründen – auch auf feuchten – eingesetzt werden.

**Polyurethandichtstoffe** können ein- oder zweikomponentig formuliert werden.

Einkomponentige Systeme sind in der Regel einfacher zu verarbeiten. Einkomponentige Systeme können höhere Lösungsmittelgehalte haben, bei zweikomponentigen Systemen kann Methanol freigesetzt werden. Beim Zweikomponenten-Dichtstoff werden Isocyanate und Polyole miteinander vermischt. Durch Aufnahme von Luftfeuchtigkeit reagiert Polyisocyanat beim Einkomponenten-Dichtstoff aus. Die Polyurethanchemie ist äußerst vielfältig, weil unterschiedlichste Polyole und Isocyanate zur Herstellung eingesetzt werden können. Die Dichtstoffe enthalten Isocyanate und aromatische Kohlenwasserstoffe (z. B. Xylole). Als Zusätze kommen Füllstoffe, Weichmacher, Pigmente usw. in Frage. Polyurethan hat keinen Eigengeruch. Je nach Anforderungen und Untergrund kann der Einsatz lösungsmittelhaltiger Vorstriche (Primer) notwendig sein. Die Anwendung beschränkt sich auf einen insgesamt geringen Marktanteil.

### **3.2 Fazit „Allgemeine Beschreibung“**

- Fugendichtstoffe können bei der Gebäudeerstellung im Rohbau und Innenausbau sowie in der Nutzungsphase bei Instandhaltungs- und Modernisierungsmaßnahmen in vielfältigen Anwendungsbereichen verwendet werden.
- Die aus der Anwendung von Fugendichtmassen resultierenden Oberflächen sind gegenüber flächig eingesetzten Produkten deutlich geringer. Je nach Schichtdicke liegen Trocknungszeiten von mehreren Tagen vor.
- Fugendichtstoffe sind chemisch und technisch anspruchsvolle Produkte. Sie bestehen überwiegend aus organischen Komponenten. Der Polymeranteil kann bis zu 100 % betragen.
- Es kommen sehr unterschiedliche Dichtstoffarten zum Einsatz, die nach verschiedenen Kriterien eingeteilt werden können. Die größte Verbreitung und Variabilität erreichen Silikondichtstoffe, die je nach Art der Vernetzungsreaktion weiter differenziert werden.
- Als relevante Emissionen können neben Abspaltprodukten und Lösungsmitteln im Zuge der Vernetzung/Aushärtung der Dichtmasse auch konstitutionelle Bestandteile wie z.B. Weichmacher oder Fungizide bzw. Konservierungsstoffe auftreten.
- Es können weitere Hilfsstoffe wie lösungsmittelhaltige Voranstriche (Primer) zum Einsatz kommen, die ebenfalls innenraumrelevante Emissionen verursachen können.

## **4 Allgemeine Produktrecherche**

Für die allgemeine Produktrecherche wurden verschiedene Quellen genutzt. Es wurden Anfragen bei Verbänden und Herstellern durchgeführt, Veröffentlichungen ausgewertet und Produktangebote bzw. Sortimente anhand von Katalogen und Internetinformationen ausgewertet.

### **4.1 Verband- und Herstellerangaben**

Es gibt sehr viele Hersteller, die Fugendichtmassen anbieten. In der Regel werden Fugendichtmassen neben weiteren Bauprodukten angeboten. Nur wenige Hersteller vertreiben ausschließlich Kleb- und Dichtstoffe. Einige Anbieter lassen die von ihnen angebotenen Fugendichtstoffe herstellen, um ihr Produktangebot zu vervollständigen. Es werden in der Regel von jedem Hersteller verschiedene Systeme angeboten, so dass auf dem Markt insgesamt eine große Produktvielfalt herrscht. Es besteht ein umfangreiches Angebot für Silikondichtmassen insbesondere Acetat- und Neutralsysteme. Weiterhin werden zahlreiche Dichtstoffe auf SMP-Basis angeboten.

Es handelt sich um einen dynamischen Produktbereich, in dem kontinuierlich Rezepturen verändert und Systeme weiterentwickelt werden. Produkte auf SMP-Basis und Alkoxyssysteme stellen neuere Entwicklungen mit zunehmender Verbreitung dar, während Oximsysteme von einigen Herstellern zumindest nicht mehr für den Do-it-yourself-Bereich angeboten werden. Das Verbot des freien Verkaufs von PU-Dichtmassen mit der Einstufung R 40 seit Dezember 2010 führt dazu, dass diese Produkte in Baumärkten nicht mehr erhältlich sind.

Dem Geschäftsführer des Industrieverbands Dichtstoffe e.V. (IVD), Herrn Louis Schnabl, sind keine Probleme bezüglich VOC-Emissionen von Fugendichtstoffen bekannt. Seinen Kenntnissen nach produzieren alle Firmen, die dem IVD angeschlossen sind, im Rahmen der gesetzlichen Regelungen unter Beachtung der Grenzwerte und entsprechender Kennzeichnung falls erforderlich.

In den Expertenrunden des IVD stehen vor allem Fragen der Ausführungsqualität vor dem Hintergrund der Anforderungen der Energieeinsparverordnung im Vordergrund. Beim Marketing für Fugendichtstoffe wird eher auf farbige Fugen als Gestaltungselement gesetzt. Das Thema Gesundheitsverträglichkeit und geringe Emissionen hat bei Vermarktung von Fugendichtstoffen eine vergleichsweise geringe Präsenz. Die chemischen und physikalischen Eigenschaften werden laut Herrn Schnabl nur von einem begrenzten Kundenkreis hinterfragt.

Fugendichtstoffe sind ein eher preisgünstiges Produkt, das auch aufgrund der eingesetzten Mengen kostenseitig im Baugewerbe weniger stark ins Gewicht fällt. Die Preisspanne je nach Art und Qualität des Fugendichtstoffs ist groß. Der Preis pro Kartusche (290 bis 310 ml) liegt bei ca. 3 bis ca. 15 Euro.

Von einigen Herstellern werden gezielt Produkte für verschiedene Zielgruppen angeboten. Es werden z. B. Premiumprodukte, Standardprodukte oder preisgünstige Varianten für den Do-it-yourself-Bereich angeboten. Für den professionellen Anwender stehen Qualitätsmerkmale der verwendeten Produkte und die schnelle Verarbeitung im Vordergrund. Hochwertigere Produkte werden zu höheren Preisen angeboten.

Die Angaben der Hersteller zur Polymerchemie ihrer Produkte sind oftmals wenig aussagekräftig. Technische Merkblätter und Sicherheitsdatenblätter werden für den Anwender und den Umgang mit dem Produkt erstellt und enthalten keine genauen Angaben zur chemischen Natur der Produkte. Im Rahmen der Studie wurden Sicherheitsdatenblätter nur exemplarisch betrachtet, da sie in der Regel nur begrenzt verwertbare Aussagen hinsichtlich der Emissionen in der Nutzungsphase bieten.

## **4.2 Angaben zu Gefahrstoffen**

Angaben zu Gefahrstoffen existieren nur hinsichtlich der Verarbeitung der Produkte. Die Nutzungsphase wird hier nicht berücksichtigt.

Das Gefahrstoff-Informationssystem der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft GISBAU informiert über die von Dichtmassen ausgehenden Gefahrstoffe:

Bei der Verarbeitung von dauerelastischen Dichtungsmassen können Belastungen durch Gefahrstoffe in der Luft am Arbeitsplatz bestehen, daher müssen Betriebsanweisungen auch für den Umgang mit nicht gekennzeichneten Dichtmassen erstellt werden. Genannt werden bei sauer vernetzenden Silikondichtungsmassen Essigsäure, bei neutral vernetzenden 2-Butanonoxim, Methanol und 2-Methoxyethanol sowie bei den alkalisch härtenden Silikondichtungsmassen Amine wie 1-Aminobutan, sek.-Butylamin und Cyclohexylamin. Die freigesetzte Menge der Abspaltprodukte wird jeweils in einer Größenordnung von etwa 5 % bezogen auf die Menge der eingesetzten Dichtungsmasse eingeschätzt. Alle Abspaltprodukte können in Abhängigkeit von ihrer Konzentration Reizungen verursachen. Gegenüber der als „nur“ reizend eingestuften Essigsäure werden die übrigen Abspaltprodukte als schwieriger bewertbar bzw. mit bekanntermaßen höheren Gesundheitsrisiken (z.B. die reproduktionstoxische Verbindung 2-Methoxyethanol) eingestuft.

Hingewiesen wird auch auf Risiken durch die Anwendung lösemittelhaltiger Vorstriche, um die Haftung der Dichtmasse auf dem Untergrund zu verbessern. Aufgrund der in der Regel geringeren Größe der bearbeiteten Oberfläche wird das Ausmaß der Gefährdung gegenüber dem Kleben von Bodenbelägen als deutlich geringer eingestuft. Es wird darauf hingewiesen möglichst aromatenfreie oder -arme Produkte ohne Niedersieder wie Aceton zu verwenden.

Mit Hilfe von GISCODEs, einer freiwilligen Kennzeichnung, werden insgesamt 13 Werkstoffarten aufgrund ihrer Emissionen in Produktgruppen unterteilt. GISCODEs/Produkt-Codes basieren auf dem Gedanken, Produkte mit vergleichbarer Gesundheitsgefährdung und demzufolge identischen Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln zu Gruppen zusammenzufassen. Dadurch wird die Vielzahl chemischer Produkte auf wenige Produktgruppen reduziert. Die Codierungen selbst, die auf den Herstellerinformationen (Sicherheitsdatenblätter, Technische Merkblätter) und auf den Gebindeetiketten aufgebracht sind, ordnen das eingesetzte Produkt eindeutig einer Produktgruppe zu. Für Fugendichtstoffe besteht jedoch kein entsprechendes Klassifizierungssystem.

Nach dem Handbuch der Bau-Chemikalien (Rühl, Kluger 2003) werden folgende Dichtstoffe differenziert:

- Acryldichtungsmassen, lösemittelfrei
- Silikonkautschuk-Dichtungsmassen, Acetat-System
- Silikonkautschuk-Dichtungsmassen, Alkoxy-System (Methanol freisetzend)
- Silikonkautschuk-Dichtungsmassen, Alkoxy-System (2-Methoxyethanol freisetzend)
- Silikonkautschuk-Dichtungsmassen, Oxim-System

Das Handbuch enthält Produktinformationen mit Gefahrenhinweisen und Sicherheitsratschlägen, einer Charakterisierung der Produkte, Grenzwerte und Einstufungen, Gefahrstoffmessungen/Ermittlung, Angaben zu Gesundheitsgefahren, Hygienemaßnahmen, technischen und organisatorischen Schutzmaßnahmen, Erste Hilfe, Handhabung, Vorsorgeuntersuchungen, Gefahrguttransport, Entsorgung, Lagerung und Schadensfall sowie Betriebsanweisungen nach § 20 GefStoffV für den Aushang auf der Baustelle.

Für den Umgang mit lösemittelfreien **Acryldichtungsmassen** sind aufgrund der geringen Gesundheitsgefahren nach bisheriger Kenntnis keine produktbezogenen Betriebsanweisungen erforderlich.

Bei **Acetat-vernetzenden Silikonkautschuk-Dichtungsmassen** gehen Gesundheitsgefahren nach heutiger Kenntnis überwiegend von der freiwerdenden Essigsäure aus. Es liegen nur wenige Gefahrstoffmessungen an Arbeitsplätzen vor. Unter ungünstigen Bedingungen wurden Grenzwertüberschreitungen während der Verarbeitung um das 1,5fache des Grenzwertes und eine Stunde nach der Verarbeitung um das Fünffache des Grenzwertes erreicht. Der MAK-Wert für Essigsäure liegt bei 25 mg/m<sup>3</sup> bzw. 10 ml/m<sup>3</sup> (ppm). Da Dichtungsmassen nicht vier oder acht Stunden lang am Tag verarbeitet werden, wird in der Regel nicht von einer Grenzwertüberschreitung ausgegangen. Beim Verarbeiten in gut durchlüfteten Räumen wurden keine Grenzwertüberschreitungen gemessen.

Gesundheitsgefahren gehen bei **Silikonkautschuk-Dichtungsmassen auf der Basis Methanol freisetzender Alkoxy-Systeme** nach heutiger Kenntnis überwiegend von dem über mehrere Tage freiwerdenden Methanol aus. Es liegen keine Gefahrstoffmessungen vor. Das Produkt darf nur in gut durchlüfteten Bereichen verwendet werden.

Der MAK-Wert für Methanol liegt bei 260 mg/m<sup>3</sup> bzw. 200 ml/m<sup>3</sup> (ppm); Einstufung: Gefahr der Hautresorption.

Der Einsatz von Silikonkautschuk-Dichtungsmassen auf der Basis Methanol freisetzender Alkoxy-Systeme sollte aufgrund der Gesundheitsgefahren, die von den bei der Vernetzung freiwerdenden Stoffen ausgehen, vermieden werden. Vorzuziehen sind Produkte, bei denen die Gesundheitsgefahren deutlich niedriger sind, z.B. Acrylat-Dichtungsmassen bei geringer Fugenbeanspruchung und acetatvernetzende Silikonkautschuk-Dichtungsmassen (außer bei säureempfindlichen Untergründen). Der Einsatz von **Silikonkautschuk-Dichtungsmassen auf der Basis 2-Methoxyethanol freisetzender Alkoxy-Systeme** wird ebenfalls aufgrund der Gesundheitsgefahren, die von den bei der Vernetzung freiwerdenden Stoffen ausgehen, nicht empfohlen. Vorzuziehen sind die bereits genannten Produkte wie z.B. Acrylat-Dichtungsmassen bei geringer Fugenbeanspruchung und acetatvernetzende Silikonkautschuk-Dichtungsmassen (außer bei säureempfindlichen Untergründen). Gesundheitsgefahren gehen bei Silikonkautschuk-Dichtungsmassen auf der Basis 2-Methoxyethanol freisetzender Alkoxy-Systeme nach heutiger Kenntnis überwiegend von den über mehrere Tage freiwerdenden 2-Methoxyethanol (Methylglykol) und Methanol aus. Es liegen keine Gefahrstoffmessungen vor. Das Produkt darf nur in gut durchlüfteten Bereichen verwendet werden. Der MAK-Wert für 2-Methoxyethanol liegt bei 15 mg/m<sup>3</sup> bzw. 5 ml/m<sup>3</sup> (ppm); Einstufungen: RE2 und Gefahr der Hautresorption.

Bei **Oxim-vernetzenden Silikonkautschuk-Dichtungsmassen** gehen Gesundheitsgefahren nach heutiger Kenntnis überwiegend von dem freiwerdenden Butanonoxim aus. Es liegen keine Gefahrstoffmessungen an Arbeitsplätzen vor. Das Produkt darf nur in gut durchlüfteten Bereichen verwendet werden.

Es liegt kein MAK-Wert für Butanonoxim vor; Einstufungen: S, K3 und Gefahr der Hautresorption. Butanonoxim hat einen höheren Siedepunkt und geringeren Dampfdruck als die anderen Abspaltprodukte.

### **4.3 Fazit „Allgemeine Produktrecherche“**

Als gängige und in vielen Produktvarianten angebotene Dichtstoffarten bzw. Systeme für mögliche Anwendungen in Innenräumen wurden acetatvernetzende Silikondichtmassen sowie neutralvernetzende Oxim- und Alkoxy-Systeme, und Dichtstoffe auf der Basis von silanmodifizierten Polymeren (SMP) identifiziert. Acryldichtmassen sind ebenfalls am Markt sehr verbreitet – allerdings in geringerer Produktvielfalt.

Es besteht auf Seiten der Hersteller und des Industrieverbands Dichtstoffe ein vergleichsweise geringes, erkennbares Problembewusstsein hinsichtlich gesundheitlich relevanter Emissionen von Fugendichtstoffen.

Bei der Verarbeitung resultieren Gesundheitsgefahren hauptsächlich aus den bei der Vernetzung freiwerdenden Stoffen. Fugendichtstoffe dürfen nur in gut belüfteten Räumen angewendet werden. Die Konzentration der Abspaltprodukte kann im Verlauf der über mehrere Tage andauernden Trocknung zunehmen. Empfohlen wird – je nach technischer Eignung – die Verwendung von Acrylat-Dichtungsmassen und acetatvernetzenden Silikonkautschuk-Dichtungsmassen anstelle von Alkoxy-Systemen und Oxim-vernetzenden Silikonkautschuk-Dichtungsmassen. Aufgrund der geringeren Flüchtigkeit der Oxime ist bei diesen Systemen mit länger anhaltenden Emissionen zu rechnen.

## **5 Bewertungsinstrumente und Label**

Zur weiteren Beurteilung des Emissionsverhaltens von Fugendichtstoffen wurden Ratgeber und Label herangezogen. Hierzu wurden Internetrecherchen und Herstellerbefragungen durchgeführt sowie Angaben aus Produktkatalogen entnommen. Die aktuellen Anforderungen der in Hinblick auf das Emissionsverhalten von Fugendichtstoffen relevanten Produktkennzeichen wurden im Internet abgerufen.

### **5.1 Ratgeber (nutzerbezogen)**

Laut Kriterienkatalog Elastische Dichtmassen vom 26. Mai 09 der Stadt Wien (Öko Kauf Wien 2009) gibt es bei großflächigem Einsatz einen beträchtlichen Einfluss der elastischen Dichtmassen auf die Qualität der Innenraumluft. Aus ökotoxikologischer Sicht werden Extender (Weichmacher), Biozide und Kondensationsprodukte als besonders relevant eingestuft. Vermieden werden sollen KMR-Stoffe, Phthalate (als Extender in Acrylatdichtmassen), zinnorganische Verbindungen (als Katalysatoren in Dichtmassen auf Silikonbasis und in manchen zusätzlich als Biozid), Butanonoxium und Amine. Als Alternativen werden bei Neutralsilikonen Alkohol vernetzende Systeme, sauer vernetzende Systeme und MS-Hybrid-Polymere, die ebenfalls geringe Mengen Alkohol freisetzen, vorgeschlagen. Es werden Mindestanforderungen und deren Nachweise für elastische Dichtmassen in der Leistungsbeschreibung genannt. Bei Einhaltung der Anforderungen und entsprechender Herstellerbestätigung kann eine Kennzeichnung „Entspricht Ökokauf Wien“ in einer allgemein zugänglichen Datenbank wie z.B. [baubook.at](http://baubook.at) geführt werden.

### **5.2 Prüfzertifikate**

Es bestehen keine konkreten gesetzlichen Anforderungen in Bezug auf das Emissionsverhalten von Fugendichtmassen. Es gelten die allgemeinen Anforderungen der Chemikaliengesetzgebung und des Arbeitsschutzes.

Für Hersteller bestehen verschiedene Möglichkeiten, die Qualität bzw. besondere Eigenschaften ihrer Produkte durch eine freiwillige externe Zertifizierung hervorzuheben. Zu den produktbezogenen Kennzeichen gehören z. B. der Blaue Engel, Emissioncode, Natureplus sowie Prüfzeichen von einzelnen Prüfinstituten wie z. B. TÜV Süd, TÜV Rheinland oder eco-Institut. Weiterhin existieren gebäudebezogene Bewertungs- und Zertifizierungssysteme wie z. B. LEED, die ebenfalls produktbezogene Bewertungskriterien beinhalten.

LEED (Leadership in Environmental and Energy Design) ist eine Zertifizierungsinitiative des US Green Building Council. Die Bewertung der Gebäude (Neubau, bestehende Gebäude oder Sanierung) erfolgt in sechs Kategorien. Die Kategorie Gesundheit und Behaglichkeit beinhaltet auch Anforderungen an die Emissionen von Bauprodukten.

Der Hersteller Otto Chemie weist LEED-konforme Fugendichtstoffe aus: „LEED konform IEQ-Credits 4.1 Kleb- und Dichtstoffe.“

Es liegen keine Informationen vor, welche Bedeutung dieses Instrument am Markt hat. Auch Informationen über Emissionsprüfungen waren dazu nicht erhältlich.

Natureplus ist ein internationales Qualitätszeichen für nachhaltige Wohn- und Bauprodukte, geprüft auf Gesundheit, Umwelt und Funktion. Für die Produktgruppe „Abdichtungen aus nachwachsenden Rohstoffen“ liegen Vergabekriterien für Luftdichtungsbahnen und Riesel-schutzbahnen aus nachwachsenden Rohstoffen (Vergaberichtlinien 1701 und 1702) vor. Für Fugendichtstoffe wurden bisher keine Anforderungen ausgearbeitet.

Bisher wurden auch keine Fugendichtstoffe nach dem eco-Label zertifiziert.

Von einigen Herstellern werden weitere produktbezogene Zertifikate oder Gutachten genannt wie z.B. „Besonders empfehlenswertes schadstoffarmes Bauprodukt“ gemäß Baustoffliste (TOXPROOF) des Tüv Rheinland, „Positiv geprüft auf die Verträglichkeit im Kontakt mit Lebensmitteln (Chemisches Laboratorium Dr. Stegemann, Georgsmarienhütte)“,

Im Hinblick auf die Bewertung von VOC-Emissionen und ihre Verbreitung/Bekanntheitsgrad für Verbraucher und Hersteller sind insbesondere der Blaue Engel und EMICODE von Bedeutung.

### 5.2.1 Blauer Engel

Der Blaue Engel ist ein 1978 vom Bundesminister des Inneren und den für Umweltschutz zuständigen Ministern der Bundesländer ins Leben gerufenes Prüfsiegel/Gütesiegel für besonders umweltschonende Produkte (ausgenommen Lebensmittel) und Dienstleistungen. An dem Vergabeverfahren sind das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, das Umweltbundesamt, das RAL Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V. als Zeichenvergabestelle und die Jury Umweltzeichen beteiligt.

Der Blaue Engel ist ein marktkonformes Instrument der Umweltpolitik, mit dem auf freiwilliger Basis die positiven Eigenschaften von Angeboten gekennzeichnet werden können. Der Blaue Engel umfasst die Rubriken: Gesundheit, Klima, Wasser und Ressourcen.

Es werden Produkte oder Dienstleistungen für bestimmte Eigenschaften ausgezeichnet, z.B. „weil emissionsarm“. Inzwischen tragen etwa 11.500 Produkte und Dienstleistungen in ca. 90 Produktkategorien den Blauen Engel.

Im Januar 2006 wurde von der Jury Umweltzeichen ein neues Umweltzeichen „Blauer Engel“ verabschiedet: Emissionsarme Dichtstoffe für den Innenraum, RAL-UZ 123.

Fugendichtstoffe werden als Hochleistungsbaustoffe mit einer komplizierten Mischung aus Chemikalien wie etwa Weichmacher oder Stoffen gegen Schimmelbefall bezeichnet. Sie sollten im Innenbereich möglichst gering mit Schadstoffen belastet sein.

Es werden folgende Schutzziele für Umwelt und Gesundheit genannt:

- unbedenklich in der Wohnumwelt anwendbar,
- ohne krebserzeugende oder erbgutverändernde Stoffe hergestellt,
- keine schädlichen Konservierungsmittel gegen Schimmelbefall im Sanitärbereich.

Neben notwendigen Herstellererklärungen zu einzelnen Inhaltsstoffen werden für die Emissionsprüfung der Fugendichtstoffe die Kriterien analog dem AgBB-Schema mit schärferen Anforderungen an die Emissionswerte übernommen. Die Anforderungen an die Summe VOC ohne NIK und an den R-Wert wurden jedoch zunächst für den ersten Gültigkeitszeitraum von vier Jahren ausgesetzt. Diese Werte werden gemessen und angegeben, aber bei der Vergabe des Umweltzeichens nicht berücksichtigt.

Aktuell (Stand 11/2010) tragen neun Produkte (Acryl- und Silikondichtstoffe) von drei Herstellern den Blauen Engel.

#### Henkel AG & Co. KGaA

- CERESIT Sanitär wasserbasiert Farben: weiß und grau
- SISTA Einfach Silicon Farben: weiß, grau und manhattan
- SISTA Reparatur Silicon Farben: weiß und grau
- SQUEASY Acrylat weiss
- SQUEASY Silicon transparent
- SQUEASY Silicon weiss und grau

#### Soudal N. V. Werk Leverkusen Soudal

- SOUDAL Öko Line ACRYL FIX Farben gemäß Antrag
- SOUDAL Öko Line UNIVERSAL FIX SILIKON Farben gemäß Antrag

#### Warenimport & Handels GmbH

- Masterfix Acryl Dichtstoff

### 5.2.2 EMICODE

1997 gründeten zunächst acht Hersteller von Verlegewerkstoffen die Gemeinschaft emissionskontrollierter Verlegewerkstoffe e.V.. Die Bezeichnung EMICODE ist ein geschütztes Zeichen der Gemeinschaft emissionskontrollierte Verlegewerkstoffe, Klebstoffe und Bauprodukte e.V. (GEV) zur Klassifizierung und Kennzeichnung von emissionskontrollierten Verlegewerkstoffen, Klebstoffen und Bauprodukten. Inzwischen wird das Zeichen von fast 40 Herstellern aus neun Ländern genutzt.

Für die Klassifizierung von Produkten wird die Bezeichnung EMICODE wie folgt ergänzt:

EMICODE EC1<sup>PLUS</sup>: „sehr emissionsarm“<sup>PLUS</sup>

EMICODE EC1: „sehr emissionsarm“

EMICODE EC2: „emissionsarm“

Die Einstufung EMICODE EC1<sup>PLUS</sup> darf erst seit dem 01.09.2010 verwendet werden.

Die Einführung der neuen Klasse EMICODE EC1<sup>PLUS</sup> dient der Kennzeichnung besonders emissionsarmer Produkte.

In der Produktdatenbank der GEV werden in der Kategorie 3 "Fugendichtstoffe" zwei Hersteller mit Produkten genannt:

In der Untergruppe 3.3 "Dichtstoffe für Bauwerksfugen und Anschlussfugen" werden aufgeführt:

#### merz+benteli ag

- Gomastit 2001 Kleb- und Dichtstoff auf Basis von MS-Hybrid-Polymer
- Gomastit 2017 Kleb- und Dichtstoff auf Basis MS-Hybrid-Polymer
- m+b hybrid S-22 Kleb- und Dichtstoff auf Basis von MS-Hybrid-Polymer
- Gomastit Spiegelkleber Kleb- und Dichtstoff auf Basis von MS-Hybrid-Polymer

#### Ramsauer GmbH & Co KG

- ALKOXY 130 1-K-Silicondichtstoff, Neutralvernetzend
- Bau Dicht 320 Siliconfreier, geruchsneutraler Hybriddichtstoff
- Multiflex 131 1-K-Alkoxy-Masse
- Acryl 160 Hochwertiger 1-K Acryldichtstoff

In der Untergruppe 3.4 "Dichtstoffe für Spezielle Fugen" (z.B. Vergussmassen) werden angegeben:

- [merz+benteli ag](#)
- Gomastit MS Parkettkleber Klebstoff auf Basis von MS-Hybrid-Polymer
- Merbenit FB50 Klebstoff auf Basis von MS-Hybrid-Polymer

Es liegen keine Angaben über die Aktualität der Produktdatenbank vor bzw. ob in der Datenbank alle ausgezeichneten Produkte aufgeführt werden. Da verschiedene deutsche Hersteller Ende 2010 ihre Produkte Prüfungen unterzogen haben, ist anzunehmen, dass die Datenbank nicht alle zertifizierten Produkte enthält.

Die Hersteller Bostik und MEM zum Beispiel bieten mit dem EMICODE EC 1 gekennzeichnete Produkte (DURA-CLEAN, SMP-Dichtstoff lösemittel-, silikonfrei sowie geruchsneutral und Power Fuge Fugenabdichtung, Langzeit-schimmelhemmend) an.

### **5.3 Vergleich der Prüfzeichen**

Die Tabelle A 2 im Anhang zeigt die Anforderungen gemäß GEV, Blauer Engel (RAL UZ 123), eco-Istitut und DIBt/AgBB im Vergleich.

Die genannten Prüfzeichen unterscheiden sich in Bezug auf die Prüfziele und den Prüfumfang. Wie in anderen Produktbereichen auch ist die Aussagekraft des Prüfzeichens von den zugrunde liegenden Prüfkriterien und Prüfmethoden, der Glaubwürdigkeit der Zeichengeber und der Transparenz der Vergabe abhängig.

Die Prüfkriterien beziehen sich auf unterschiedliche Produkteigenschaften wie technische Anforderungen Innenraumhygiene, Inhaltsstoffe, Emissionen usw..

Bei allen Zeichen liegt der Schwerpunkt der Prüfung auf der Emissionsprüfung. Emissionen werden in der Regel unter Bezugnahme auf das AgBB Prüf- und Bewertungsschema bewertet. Je nach Label werden unterschiedlich strenge Emissionswerte gefordert. Das eco-Institut-Label erfordert weitere Untersuchungen von bestimmten Inhaltsstoffen während der Blaue Engel zu Inhaltsstoffen überwiegend Erklärungen des Herstellers verlangt. Alle Produktzeichen legen einen generellen Ausschluss von Inhaltsstoffen mit bestimmten Gefährlichkeitsmerkmalen fest. Der Blaue Engel und der EMICODE schließen die Zeichenvergabe für Oxim-vernetzende Fugendichtmassen aus.

Trotz einheitlicher Bezüge auf die Normen bestehen Unterschiede im Prüfablauf, die sich auf die Emissionen auswirken werden.

Bei den freiwilligen Kennzeichen „Blauer Engel“ und „EMICODE“ ist die Überwachung der Produkte (werkseigene Qualitätssicherung und Fremdüberwachung) kein Bestandteil der Zertifizierung. Bei beiden Zeichen ist die Geltungsdauer unbeschränkt sofern Rezepturen keine Verschlechterung der Emission bewirken. Die Entscheidung darüber trifft der Hersteller. Die GEV behält sich Kontrollen vor. Das eco-Label wird beschränkt auf zwei Jahre vergeben und kann bei erneuter Prüfung verlängert werden.

Die Anforderungen an die Kennzeichnung durch freiwillige Label sind in der Regel strenger als der gesetzliche Mindeststandard. Eine fehlende Labelung mit einem Umweltzeichen ist nicht gleichzusetzen mit dem Nichterfüllen der hier geforderten Kriterien. Produkte, die aktuell geprüft wurden, erfüllen in der Regel strengere Standards, da die Bewertungsgrundlagen mit der Zeit verschärft wurden. Im Einzelfall kann der Parameter „Summe VOC ohne NIK“ durch die Ergänzung von NIK-Werten für Einzelsubstanzen in neueren Fassungen entschärft werden.

## 5.4 Produkttests

Die Zeitschrift Öko-Test hat seit 2001 sechs Produkttests zu Fugendichtstoffen veröffentlicht.

Darüber hinaus wurden über Internetrecherche keine weiteren Testberichte (z. B. Stiftung Warentest) ermittelt.

Auch andere aktuelle Produktprüfungen oder –bewertungen von Verbraucher-, Umwelt- oder Naturschutzorganisationen zu Fugendichtstoffen liegen nicht vor.

Schadstoffuntersuchungen in verbrauchernahen Produkten werden auch von Organisationen wie dem BUND oder Greenpeace initiiert. Das Thema Fugendichtmassen wird hier bisher nur im Zusammenhang mit den PCB-Gehalten der älteren Fugendichtmassen thematisiert.

### 5.4.1 Öko-Test

Die Öko-Test-Bewertung von Bauprodukten besitzt ähnliche Symbolwirkung wie ein Label. Getestet wurden in Baumärkten angebotene Produkte.

Von Öko-Test wurden sechs Tests zu Dichtmassen durchgeführt:

- Öko-Test Silikondichtmassen 26.11.2001: von 24 getesteten Produkten war fast kein Produkt empfehlenswert;
- Öko-Test Acryldichtmassen 24.03.2003: sechs getestete Produkte davon fünf „sehr gut“ und zwei „gut“;
- Öko-Test Acryldichtmassen 12.01.2004: elf getestete Produkte wurden überwiegend als „nicht empfehlenswert“ bewertet;
- Öko-Test Acryldichtmassen 27.08.2007: es wurden 15 Produkte getestet, davon ein Produkt mit „sehr gut“ und zwei mit „gut“;
- Öko-Test Acryldichtmassen 09.11.2009: von 10 getesteten Dichtstoffen wurden drei mit „sehr gut“ und zwei mit „gut“ bewertet;
- Öko-Test Sanitär-Silikonfugenmassen 28.01.2011: von 18 getesteten Dichtstoffen zwei „gut“, vier „befriedigend“, zwei „ausreichend“ und 10 „mangelhaft“.

Die Tests umfassten Untersuchungen auf Schadstoffe (Gehalte und Emissionen) und Praxis-tests. Die getesteten Produkte wurden als überwiegend schadstoffbelastet und nicht praxistauglich bewertet. Abgewertet wurden Produkte aufgrund des Nachweises von Formaldehyd, halogenorganischen Verbindungen, gesundheitsschädlichen Phthalaten und mittelkettigen Chlorparaffinen. Auch der Nachweis von DEHT führte zur Abwertung, da Öko-Test die Unbedenklichkeit für den Menschen als nicht ausreichend belegt bewertet. Flüchtige organische Verbindungen wurden mittels Lösungsmittelextraktion und GC/MS geprüft. Bewertet wurden bei den Acryldichtmassen der Nachweis von Acrylaten, aromatischen Kohlenwasserstoffen und problematischen Glykolverbindungen. Von 15 getesteten Acryldichtmassen wurden im Test 9/2007 zehn Produkte aufgrund der Nachweise problematischer flüchtiger organischer Verbindungen abgewertet (Öko-Test).

Im Test 2004 wurde der Einsatz von gesundheitlich und ökologisch unbedenklichem Silber in Acryldichtmassen zur Konservierung positiv hervorgehoben.

Öko-Test empfiehlt in ihrem Test 9/2007 keine Billigprodukte zu verwenden (auch wenn teure Produkte keine Garantie für geringe Schadstoffgehalte sind) und grundsätzlich zu prüfen, ob durch konstruktive Maßnahmen auf Fugendichtmassen verzichtet werden kann.

Im Test 2/2011 von Sanitär-Silikonfugenmassen (darunter neun sauer vernetzende, drei neutral vernetzende, drei wasserbasierte und drei Silikonfugenmassen ohne Angabe) wurden insbesondere Produkte aufgrund ihrer Gehalte an zinnorganischen Verbindungen oder weiteren Bioziden und Konservierungsstoffen wie Carbendazim, Tebuconazol oder Dichlorisothiazolinon abgewertet. Weiterhin zur Abwertung führte der Nachweis von mehr als 30 % flüchtigen Bestandteilen (bestimmt als Gewichtsverlust während der Trocknung über 24 bzw. 72 Stunden bei 110 °C). Drei der geprüften Produkte lagen bei über 30 % flüchtige Bestandteile. Im Durchschnitt lag der Anteil flüchtiger Bestandteile bei 21 %, der Minimalwert lag bei 2 % und der Maximalwert bei 46 %. Der Anteil flüchtiger Bestandteile wurde auf eine mögliche Streckung der teureren Silikone mit billigeren Erdölprodukten zurückgeführt. Es wurde empfohlen, aufgrund der vorgefundenen Inhaltsstoffe die Dichtmassen bei der Verarbeitung nicht mit dem bloßen Finger zu glätten.

### **5.5 Fazit „Bewertungsinstrumente und Label“**

Sowohl „Ratgeber“ als auch Label thematisieren bzw. problematisieren chemische Eigenschaften (Inhaltsstoffe und Emissionen) von Fugendichtmassen.

Seit 2006 gibt es den Blauen Engel für Emissionsarme Dichtstoffe für den Innenraum, RAL-UZ 123. Der EMICODE existiert bereits seit 1997. Obwohl verschiedene Bewertungsinstrumente für Fugendichtstoffe angeboten werden, gibt es bisher vergleichsweise wenig geprüfte bzw. ausgezeichnete Produkte.

Aufgrund der strengen Anforderungen für den Blauen Engel und den EMICODE EC1<sup>plus</sup> kann davon ausgegangen werden, dass mit diesen Zeichen gelabelte Produkte die Anforderungen einer Zulassungseignungsprüfung gemäß AgBB-Prüf- und Bewertungsschema erfüllen würden (obwohl für die Vergabe des Blauen Engel der Parameter Summe VOC ohne NIK befristet ausgesetzt wurde).

Die Zeitschrift Öko-Test lässt regelmäßig Fugendichtstoffe aus dem Heimwerker-Bereich auf Schadstoffe und Funktionalität testen. Bei den meisten Tests werden nur einzelne Produkte mit gut oder sehr gut bewertet, die überwiegenden Zahl der Produkte wird aufgrund der nachgewiesenen Schadstoffe abgewertet. Den Öko-Test Berichten zu Folge ist hinsichtlich bestimmter Inhaltsstoffe (z.B. Weichmacher) eine Verbesserung der untersuchten Produkte zu erkennen. Die Ergebnisse liefern Informationen hinsichtlich der Variabilität der geprüften Produkte und können für eine grobe Klassifizierung von Produkten verwendet. Die Ergebnisse sind nicht vergleichbar mit Emissionsprüfungen in der Prüfkammer.

Die Nachfrage nach emissionsgeprüften Fugendichtstoffen scheint vergleichsweise gering zu sein. Möglicherweise aufgrund des kleineren Flächenanteils von Fugendichtmassen in Innenräumen besteht hier gegenüber eher großflächig eingesetzten Produkten wie Grundierungen, Bodenbelagsklebern, Beschichtungen oder Bodenbelägen ein geringeres Problembewusstsein.

Während Öko-Test alle Testergebnisse veröffentlicht, liegen keine Kenntnisse darüber vor, wie viele der geprüften Produkte die Anforderungen der Prüfzeichen nicht erfüllen. Labelprüfungen werden im Auftrag des Herstellers (zu Marketingzwecken) durchgeführt. Da die Tests für die Labelvergabe und die Zeichenvergabe mit erheblichen Kosten verbunden sind, stellt sich für die Hersteller die Frage nach dem Bedarf. Hersteller stehen der Vergabe von Umweltzeichen bzw. der Durchführung von Prüfungen oftmals kritisch gegenüber, da

hohe – aus ihrer Sicht nicht gerechtfertigte Kosten – verursacht werden und der Erfolg bzw. die Wirkung gering ist.

Label und Bewertungssysteme erfassen ausgewählte Produkteigenschaften entsprechend dem aktuellen Stand der Technik und dem aktuellen Stand des Wissens. Sie zielen darauf ab positive Eigenschaften des Produktes hervorzuheben und die Glaubwürdigkeit der Bewertung durch externe Prüfungen zu erhöhen. Informationen werden gebündelt und damit reduziert. Es werden Produkte mit gleichem Nutzungszweck verglichen und nicht generell umweltfreundlichere Alternativen ausgezeichnet. Umweltzeichen liefern keine Aussage, welches von zwei ausgezeichneten Produkten umweltverträglicher ist. Hersteller bewerben ihre Produkte mit der Kennzeichnung/Logo bzw. ausgestellten Zertifikaten über die Einhaltung der Anforderungen des Umweltzeichens. Detailangaben zu den Ergebnissen der Prüfungen werden in der Regel nicht öffentlich zugänglich gemacht.

Produktspezifische Kriterien können dazu führen, Produkte herzustellen, die genau in dieses System passen und bzw. die entsprechenden Kriterien optimal „ausschöpfen“. Wie „gut“ ein Produkt wirklich ist oder ob es in ein bestimmtes Anforderungsschema passt können verschiedene Aspekte sein. Nicht alle positiven Eigenschaften können über Label vermittelt werden.

## 6 Emissionsprüfungen

Für die Erfassung und Bewertung der VOC-Emissionen aus Fugendichtmassen anhand von Emissionsprüfungen wurden Literaturdaten ausgewertet sowie Hersteller, Prüflabore und Anwender befragt. Bei den zur Verfügung gestellten Prüfergebnissen handelt es sich um vertrauliche Angaben, die hier nicht im Einzelnen veröffentlicht werden. Die Ergebnisse wurden insgesamt systembezogen ausgewertet. Angaben zu den emittierten Einzelsubstanzen sind in der Tabelle A4 im Anhang zu finden.

### 6.1 UBA-Forschungsvorhaben

Von der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) in Berlin wurden 2004 bis 2006 im Rahmen eines UBA-Forschungsvorhabens 50 Bauprodukte in Emissionsprüfkammern gemäß den Vorgaben des AgBB-Schemas untersucht (UBA 2007). Es wurden zunächst 21 Silikon- und 15 Acryldichtmassen einem Screening mittels Thermoextraktion zur Auswahl der Produkte unterzogen. Von den sechs in der Prüfkammer untersuchten Silikondichtmassen (vier Acetat- und zwei Alkoxyssystemen) und den sieben Acryldichtmassen erfüllten alle Silikondichtmassen und drei der Acryldichtmassen Anforderungen des AgBB-Schemas **nicht**. Es wurden extrem hohe Anfangsemissionen (nach einem Tag) der Dichtmassen festgestellt. Als Hauptemittenten wurden bei den **Acryldichtmassen** Glykole und n-Butanol ermittelt. Aufgrund der niedrigen NIK-Werte für einige Glykolverbindungen wurde der zulässige R-Wert ( $\leq 1$ ) nach 28 Tagen überschritten. Zwei dieser Produkte überschritten auch die Anforderungen an den TVOC nach 28 Tagen. Bei den Acetatsystemen wurden in den ersten Tagen der Messung z. T. sehr hohe Konzentrationen von Essigsäure von mehreren Milligramm pro Kubikmeter in der Kammerluft gemessen. Nach 28 Tagen waren keine oder nur noch geringe Essigsäureemissionen aus den Massen nachweisbar. Alle **Silikondichtmassen** emittierten zyklische Siloxane (z.B. Decamethylcyclopentasiloxan (D5) (siehe Abbildung 4-1), Dodecamethylcyclohexasiloxan (D6) oder Tetramethylcycloheptasiloxan (D7)), für die zu diesem Zeitpunkt noch keine NIK-Werte vorhanden waren. Dies führte bei allen Silikondichtmassen zu einer Überschreitung der Summe der nicht bewertbaren VOC ( $\leq 0,1 \text{ mg/m}^3$ ). Darüber hinaus überschritten drei Silikondichtmassen aufgrund der hohen Emissionen von n-Alkanen und iso-Alkanen die Anforderungen an den TVOC nach 28 Tagen ( $\leq 1,0 \text{ mg/m}^3$ ), zwei davon auch die Anforderungen an den TVOC nach drei Tagen ( $\leq 10 \text{ mg/m}^3$ ). In einer Silikondichtmasse wurden nach drei Tagen  $32 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  Benzol in der Kammerluft nachgewiesen. Der von alkoxybasierten Dichtmassen abgespaltene Alkohol Methanol (VVOC) konnte mit den eingesetzten Methoden nicht quantitativ nachgewiesen werden. Emissionen von Phthalaten, deren Gehalte mittels Extraktion in Acryldichtmassen nachgewiesen wurden, waren auch durch die Probenahme mit PU-Schaum nicht nachweisbar.

Die Herstellung der Prüfmuster war mit doppelter Massenbeladung erfolgt. Die Profile hatten 6 mm Schenkelhöhe statt 3 mm wie in der DIN ISO 16000-9 gefordert. Es erfolgte keine Vorkonditionierung. Jeweils am ersten, dritten, zehnten und 28. Tag wurden Emissionsmessungen und Geruchsprüfungen durchgeführt. Die Messungen wurden in einer 23l-Kammer durchgeführt und auf die in der Norm DIN ISO 16000-9 vorgegebene flächenspezifische Belüftungsrate  $q$  von  $44 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$  umgerechnet. Die Auswertung erfolgte nach der NIK-Liste 2005.

Für die Emissionen der zyklische Siloxane aus den untersuchten Silikondichtmassen wurden Verunreinigungen aus dem Herstellungsprozess vermutet. Bei den Silikonölen, die in einigen Dichtmassen als Weichmacher enthalten sind, handelt es sich um offene längerkettige Silikone. Auch die bei einigen Dichtmassen festgestellten hohen Emissionen an Kohlenwasserstoffen wurden auf den Einsatz dieser Verbindungen als Weichmacher zurückgeführt. Für den Nachweis von Benzol wurde eine Verunreinigung des eingesetzten Kohlenwasserstoffgemischs angenommen, da noch andere zyklische Aromaten nachgewiesen wurden. Die Glykolverbindung Ethandiol wurde bei einer Acryldichtmasse nach ca. sechs Monaten noch mit einer Konzentration von  $74 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $q = 83 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ ) in der Prüfkammerluft nachgewiesen (entsprechend ca.  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bei einem  $q$  von  $44 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ ).

## **6.2 Emissionsprüfungen Prüflabore**

### 6.2.1 Emissionsprüfungen im Auftrag von Herstellern

Eine Recherche zu durchgeführten Produktprüfungen im Bereich Fugendichtstoffe bei Prüfinstituten, die für die Durchführung von Emissionsprüfungen als sachverständiges Prüfinstitut anerkannt sind, erbrachte folgende Ergebnisse (bezogen auf die letzten fünf Jahre):

Emissionsprüfungen von Fugendichtstoffen werden eher selten durchgeführt. Von den sechs befragten Laboren wurden bei zwei Laboren keine Prüfungen von Fugendichtstoffen durchgeführt, zwei Institute gaben an drei bis sechs Prüfungen durchgeführt zu haben, zwei Labore führen Emissionsprüfungen für Fugendichtstoffe regelmäßig durch, aber mit einer geringeren Anzahl von Prüfungen im Vergleich zu anderen Produktbereichen.

Forschungsvorhaben mit veröffentlichten Untersuchungsergebnissen oder öffentlich zugängliche Prüfberichte lagen bei keinem der Prüflabore vor. Bei allen Prüfungen handelte es sich um herstellerbezogene Aufträge, bei denen die Untersuchungsberichte das Eigentum des Auftraggebers sind. Den Angaben der Prüflabore konnte entnommen werden, dass bei der Prüfung von Fugendichtstoffen als Kammerprüfung mit den festgelegten Kammerbedingungen der vergleichsweise geringen Beladung und hohen flächenspezifischen Belüftungsrate (gemäß DIN EN ISO 16000-9) Einzelprodukte die Anforderungen gemäß Blauer Engel/EMICODE oder AgBB nicht erfüllt haben. Genannt wurden hohe Konzentrationen von Einzelstoffen mit vergleichsweise niedrigem NIK-Wert (R-Wert-Überschreitung, z.B. aufgrund von Benzylalkohol, 2-Butanonoxim), der Nachweis kanzerogener Verbindungen (z.B. Chloropren), hohe VOC-Emissionen (Überschreitung der TVOC-Werte nach 3 oder 28 Tagen z.B. durch Alkane, Siloxane) sowie Überschreitung der Summe VOC ohne NIK (z.B. durch weitere Siloxane).

### 6.2.2 Emissionsprüfungen im Auftrag von Anwendern

Auch wenn die nachfolgenden Anwendungsbeispiele keine typischen, Innenraum bezogenen Anwendungen darstellen, wurden die Ergebnisse der Untersuchungen für diese Studie herangezogen, da sie generelle Informationen über das Emissionsverhalten bestimmter Dichtstoffarten liefern.

Auf dem AGÖF-Fachkongress 2010 in Nürnberg wurde in einem Beitrag auf problematische Emissionen im Zusammenhang mit der Anwendung von Fugendichtmassen beim Bau von Glasvitrinen berichtet (Ullman 2010). Es traten u.a. Weichmacherwanderungen auf, die zur Zerstörung von Exponaten führten. Im Auftrag des Germanischen Nationalmuseums wurden daher durch ein Prüflabor insgesamt 25 Fugendichtmassen auf ihr Emissionspotenzial mittels Thermoextraktion untersucht. Die Analysenberichte von 22 geprüften Produkten wurden freundlicherweise in Abstimmung mit dem Auftraggeber durch das Prüflabor für die

Erstellung der Studie zur Verfügung gestellt. Viele der untersuchten Dichtmassen wiesen sehr hohe VOC-Emissionspotentiale mit TVOC-Werten im g-Bereich auf, häufig verursacht durch den Nachweis von Alkanen und Siloxanen.

Weiterhin wurden die Ergebnisse der Emissionsprüfung einer Dichtmasse, die im Rahmen einer Bewertung von Fugendichtstoffen für die Abdichtung des Lüftungskanals einer EWT-Anlage untersucht wurde, einbezogen (Hoffmann 2010). Die untersuchte, einkomponentige Polyurethandichtmasse wies u.a. Emissionen von Benzaldehyd und n-Butanol sowie verschiedenen aromatischen Verbindungen auf.

### **6.3 Herstellerangaben zu durchgeführten Emissionsprüfungen**

Es wurden insgesamt elf Hersteller zu VOC-Emissionen der von ihnen vertriebenen Dichtmassen befragt. Die Hersteller wurden exemplarisch ausgewählt, u.a. weil sie emissionsgeprüfte Produkte bzw. ein großes Sortiment an Fugendichtmassen anbieten. Die überwiegende Zahl der Hersteller lehnt die Bereitstellung von Analysenberichten ab. Begründet wird dieses Vorgehen mit einer gemeinsamen Vereinbarung der Hersteller. Die GEV zum Beispiel fordert von ihren Mitgliedern, Prüfberichte vertraulich zu behandeln und nicht weiterzugeben. In der Regel werden lediglich die Zertifikate, die das Bestehen der jeweiligen Anforderungen des Prüfzeichens bestätigen, auf Anfrage oder im Internet zur Verfügung gestellt. Von zwei Herstellern wurden für jeweils zwei Produkte die vollständigen Analysenergebnisse der Emissionsprüfung zur Verfügung gestellt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen wurden in die Auswertung aufgenommen.

### **6.4 Fazit „Emissionsprüfungen“**

Es liegen nur wenige veröffentlichte und damit allgemein zugängliche Emissionsdaten zu Fugendichtmassen vor. Hersteller sind in der Regel nicht bereit, Prüfergebnisse zur Verfügung zu stellen, so dass neben den Ergebnissen des UBA-Forschungsvorhabens und vier von zwei Herstellern zur Verfügung gestellten Prüfberichten keine weiteren vollständigen Kammerprüfberichte für die Auswertung vorlagen. Weitere Hinweise auf das Emissionspotenzial von Fugendichtmassen konnten aus mündlichen Mitteilungen der Prüfinstitute sowie einer Vielzahl von Emissionsprüfungen für die Verwendung von Fugendichtstoffen für den Vitrinenbau verwendet werden. Detaillierte Angaben zu den geprüften Produkten (Hersteller, Produktbezeichnung) sowie den Prüfbedingungen lagen oftmals nicht vor. In einigen Fällen wurde der Dichtstofftyp genannt.

Insgesamt konnten Angaben zum Emissionsverhalten von 48 Produkten erfasst und ausgewertet werden. Es lagen nur Ergebnisse zu einkomponentigen Systemen vor. Für Dichtstoffe auf der Basis von SMP lag nur eine Produktprüfung vor, für PU-Systeme zwei Prüfungen. In einer Untersuchung wurde ein Primer untersucht, bei einer weiteren Untersuchung ein System bestehend aus Primer und Dichtstoff. Die meisten Prüfungen wurden an Silikondichtstoffen durchgeführt. Für Acryldichtstoffe konnten acht Prüfungen einbezogen werden.

Bei den Emissionsprüfungen wurden unterschiedliche Untersuchungsmethoden wie Thermoextraktion, Kammerprüfung oder Prüfzelle eingesetzt. Auch die Prüfbedingungen der Kammerprüfungen waren nicht einheitlich.

Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, dass neben den spezifischen Emissionen aufgrund der Art der Vernetzung weitere Emissionen durch den Einsatz von Lösungsmitteln und Lösungsvermittlern sowie Verunreinigungen auftreten. Bei den Produktprüfungen mittels Thermoextraktion wurden Emissionen von bis zu mehreren g/kg festgestellt. Der Maximalwert für den TVOC lag bei einer der untersuchten Silikondichtmassen bei über 130 g/kg. Nachgewiesen wurden hohe Konzentrationen u.a. für Alkane, Alkene und zyklische Siloxane. Die Untersuchungsergebnisse zeigen ein extrem hohes Emissionspotenzial für einige untersuchte Produkte. Die Ergebnisse von Prüfkammertests und Emissionsprüfungen mittels Thermoextraktion sind nicht vergleichbar. Vergleiche sind nur innerhalb der Prüfverfahren bei vergleichbaren Bedingungen möglich. Die bei der Thermoextraktion ermittelten TVOC-Werte im g-Bereich spiegeln das enorme Emissionspotential der Baustoffgruppe generell. Gegenüber den Produktprüfungen mittels Thermoextraktionen, die das produktspezifische Emissionspotential bei höheren Temperaturen abbilden, werden bei den Kammerprüfungen die Prüfbedingungen an die Praxis angelehnt. Bei Kammerprüfungen wird die flächenspezifische Belüftungsrate an die in der Regel geringe Oberfläche einer Fugendichtmasse in einem Innenraum angepasst. Die flächenspezifischen Belüftungsraten lagen bei den Kammerprüfungen bei 44, 71 oder 83 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h. Hohe flächenspezifische Belüftungsraten bewirken eine „Verdünnung“ der Emissionen. Dennoch werden auch bei den Kammerprüfungen noch Emissionen festgestellt, die zu Überschreitungen der Anforderungen nach dem AgBB-Schema führen.<sup>1</sup> Während die NIK-Werte für Alkane und zyklische Siloxane vergleichsweise hoch und R-Wert Überschreitungen nach 28 Tagen daher nicht zu erwarten sind, sind Negativ-Abbrüche nach drei Tagen aufgrund der hohen Anfangsemissionen und der daraus resultierenden Überschreitung des TVOC-Kriteriums möglich. Diese wurden bei Kammerprüfungen auch festgestellt. Weiterhin sind R-Wert-Überschreitungen durch Emissionen von Substanzen mit niedrigen NIK-Werten (wie z.B. einige der Glykolverbindungen, Butanonoxim oder Benzaldehyd) oder Überschreitungen der Summe der VOC ohne NIK möglich (durch weitere Siloxane oder Alkene) oder der Summe der SVOC (durch höhere Alkane) zu erwarten. Wie die bisher vorliegenden Untersuchungsergebnisse zeigen, ist auch der Nachweis kanzerogener Verbindungen möglich. WVOC und SVOC werden bei den Emissionsprüfungen in der Prüfkammer überwiegend nicht bzw. nur eingeschränkt erfasst. Bei der Thermoextraktion wurden SVOC-Emissionen (z.B. durch Weichmacher) erfasst.

---

<sup>1</sup> Allerdings ist zu berücksichtigen, dass das zu Grunde gelegte Prüf- und Bewertungsschema nicht mit den aktuellen Anforderungen übereinstimmt.

## **7 Raumlufuntersuchungen**

In der vorliegenden Studie werden Auswertungen aus dem Forschungsvorhaben der AGÖF (Hofmann, Plieninger 2008) sowie Raumlufuntersuchungen berücksichtigt, bei denen auffällige VOC-Konzentrationen u.a. aufgrund der Anwendung von Fugendichtmassen in Innenräumen festgestellt wurden.

Die Ergebnisse aus aktuellen VOC-Raumlufuntersuchungen spiegeln u.a. das Emissionspotential von Bauprodukten und Einrichtungsgegenständen. Sie erlauben Rückschlüsse auf die Wirksamkeit emissionsbegrenzender Maßnahmen in der Praxis.

Flüchtige organische Verbindungen, die von Fugendichtmassen freigesetzt werden können, sind nicht spezifisch für Fugendichtmassen, so dass festgestellte VOC-Belastungen zwar als Hinweis auf Emissionsquelle/n bewertet werden, aber in der Regel nicht eindeutig bestimmten Quellen zugeordnet werden können. Im Rahmen anlassbezogener Untersuchungen werden bei den Fällen, in denen erhöhte Belastungen in der Raumluf festgestellt werden, nur in Einzelfällen weitere Untersuchungen zur Quellenermittlung durchgeführt. Dabei wurden weitergehende Materialuntersuchungen am häufigsten im Zusammenhang mit Bodenbelägen und Verlegewerkstoffen oder Mobiliar (Polstermöbel, Schränke) durchgeführt, wobei häufig finanzielle (Streitwert) und rechtliche (Verursacher feststellen) Gründe eine Rolle spielen. Es wurden bisher kaum Fugendichtmassen im Zusammenhang mit erhöhten VOC-Konzentrationen in Innenräumen untersucht.

In den nachfolgend beschriebenen Fällen, wo erhöhte VOC-Belastungen auftraten und diese auf die Anwendung von Fugendichtmassen zurückgeführt wurden, lag ein zeitlicher Bezug zur Anwendung der Fugendichtmasse vor und es wurden die für die verwendete Fugendichtmasse zu erwartenden typischen Emissionen in der Raumluf vorgefunden.

### **7.1 AGÖF-Forschungsprojekte**

Die AGÖF hat 2007 das Forschungsvorhaben „Erstellung einer Datenbank zum Vorkommen von flüchtigen organischen Verbindungen in der Raumluf“ abgeschlossen, bei dem statistische Kenndaten auf Basis einer Auswertung der VOC-Konzentrationen aus 2585 anlassbezogenen Innenraumuntersuchungen verschiedener AGÖF-Institute aus den Jahren 2002 bis 2006 (Hofmann, Plieninger 2008) erstellt wurden. Die Untersuchungen wurden in unterschiedlichen Gebäudetypen, Nutzungsarten und Räumen (private Wohnräume, Schulen, Kindergärten, Büroräume, Veranstaltungs- und Geschäftsräume) durchgeführt. Die Luftkonzentrationen wurden überwiegend als Ausgleichskonzentration in Räumen gemessen, die mindestens acht Stunden ungelüftet waren. Es wurden ausschließlich Ergebnisse, die mittels aktiver Probenahme erzielt wurden, erfasst.

Auf der Grundlage dieser Daten wurden die AGÖF-Orientierungswerte für die Bewertung von VOC-Raumluf ergebnissen abgeleitet (AGÖF 2007).

Die Untersuchung flüchtiger organischer Verbindungen (VOC) in der Raumluf ist häufig Gegenstand gutachterlicher Fragestellungen. Anlässe für VOC-Untersuchungen in Innenräumen können die Beeinträchtigung durch Gerüche, Gesundheitsbeschwerden oder konkrete Verdachtsmomente aufgrund einer vermuteten oder bekannten Expositionsquelle aber auch Abnahmemessungen vor der In-Betriebnahme von neuen oder erneuerten

Gebäuden sein. Die Dynamik der in Bauprodukten eingesetzten Substanzen hat dabei zu einer großen Variabilität der in Innenräumen nachweisbaren flüchtigen Substanzen geführt.

Bei der statistischen Auswertung anlassbezogener Untersuchungen, konnte für einige Substanzen ein Zusammenhang zwischen der Höhe der im Innenraum festgestellten VOC-Konzentration und dem Zeitpunkt der Renovierung festgestellt werden. Für flüchtige organische Verbindungen, die als Lösungsmittel mit Bauprodukten oder Mobiliar eingebracht werden – wie zum Beispiel n-Butylacetat – sinken die mittleren und oberen Perzentile mit zunehmendem Abstand zwischen der Maßnahme und dem Zeitpunkt der Probenahme. Bei VOC-Konzentrationen von Substanzen, die diffusen Quellen zugeordnet werden können – wie zum Beispiel Limonen – spiegelt sich das auch hier im Einzelfall zu erwartende Abklingen der Emissionen nicht in der statistischen Auswertung, da weitere Quellen wie Reinigungsmittel oder Duftstoffe diesen Effekt überlagern.

Bei neu errichteten Gebäuden sind auch Emissionen aus den verwendeten Fugendichtmassen zu erwarten. Im Zusammenhang mit der energetischen Modernisierung und dem Einbau neuer Fenster ist ebenfalls eine Anwendung von Fugendichtmassen anzunehmen. In der AGÖF-Datenbank wurde der Einbau neuer Fenster nicht explizit abgefragt. Die Angabe der Art und des Zeitpunktes einer Erneuerung oder Renovierung war freiwillig. Neben der vergleichsweise hohen Anzahl an VOC-Messungen in neuen Gebäuden ergab die Auswertung des Merkmals Renovierung auch eine relativ große Anzahl von Messungen, denen eine Erneuerung des Fußbodenbelags vorausging.

Einige der Substanzen, die als Emissionen von Fugendichtmassen in Frage kommen können, werden in neuen Gebäuden in höheren Konzentrationen festgestellt.

Die Tabelle A4 im Anhang zeigt für ausgewählte Einzelstoffe einen Vergleich der statistischen Kenndaten für die gesamte Stichprobe mit den Neubau-Orientierungswerten (BMVBS 2010) und Vergleichswerten (95. Perzentile) aus dem aktuellen Kinder-Umwelt-Survey (UBA 2008).

Die Neubau-Orientierungswerte beruhen auf der statistischen Auswertung der Teilgruppe Neubau innerhalb der AGÖF-Datenbasis. Sie dienen der Bewertung von Einzelsubstanzen im Rahmen der VOC-Messungen für den Bereich Innenraumhygiene des DGNB Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen. Die VOC-Messungen sind spätestens vier Wochen nach Fertigstellung des Gebäudes mit festen Möblierungen (z. B. Einbauschränken) vor der Möblierung durch die Nutzer vorgesehen. Treten für Einzelsubstanzen höhere Konzentrationen auf als dies aufgrund der Vergleichsdaten zu erwarten ist, ist dies als Hinweis auf eine Quelle zu bewerten. Im Prüfbericht muss dann ein Hinweis auf die Quelle erfolgen und eine Aussage zum Abklingverhalten gegeben werden.

Mit dem Kinder-Umwelt-Survey 2003 - 2006 hat das Umweltbundesamt aktuelle, repräsentative Daten zur Innenraumbelastung in Deutschland vorgelegt. Es wurden 555 Räume in privaten Haushalten – zu 95 % Kinderzimmer – auf das Vorkommen von VOC untersucht. Zur Probenahme wurden Passivsammler eingesetzt, die über eine Woche in den Räumen verblieben und in denen sich die VOC durch Diffusionsprozesse anreicherten. Es wurden somit Wochenmittelwerte unter den „realen“ Bedingungen der Raumnutzung ermittelt, die auch die Belüftungszeiträume mit einschließen.

Ein Teil der Substanzen, die aus Fugendichtstoffen ausgasen können, gehören zu den Verbindungen, die in neuen Gebäuden im Allgemeinen in höheren Konzentrationen festgestellt werden können. Für die in der Tabelle A4 im Anhang ausgewählten Verbindungen ist festzustellen, dass die Neubau-Orientierungswerte (Neubau-OW) bei den meisten

Substanzen etwa in Höhe AGÖF P-95-Werte liegen. Ein deutlich über dem AGÖF-P-95-Wert liegender Neubau-OW ergibt sich für 2-Butanon. Für die Siloxane lagen die Neubau-OW unter den AGÖF-P-95-Werten. Vergleicht man die Neubau-OW mit den P-95-Werten des KUS, so liegen bis auf Cyclohexan alle weiteren VOC deutlich über diesen Vergleichsdaten.

Leider liegen für einige der als Emissionen aus Fugendichtmassen in Frage kommenden Verbindungen wie z. B. 2-Butanonoxim bisher nur geringe Fallzahlen (AGÖF N = 130) bzw. gar keine Daten (KUS) vor.

2-Butanonoxim wird auch als Hautverhinderungsmittel vorwiegend in Lacken und Lasuren eingesetzt. Je nach Ausstattung bzw. Produktanwendungen kann der Nachweis dieser Substanz als Hinweis auf eine Fugendichtmasse als Emissionsquelle bewertet werden.

VVOC wurden in der Regel - bis auf die Aldehyde Formaldehyd, Acetaldehyd und n-Propanal mittels DNPH - nicht erfasst. Weichmacher wurden ebenfalls nicht untersucht.

Weitere Hinweise für die Überprüfung von Zusammenhängen zwischen der Anwendung bestimmter Produkte und auffälligen VOC-Konzentration könnten anhand der Substanzmuster bzw. Korrelationen zwischen einzelnen Verbindungen, von denen bekannt ist, dass aus bestimmten Quellen freigesetzt werden, abgeleitet werden. Die AGÖF führt zur Zeit die VOC-Datenerhebung unter Berücksichtigung energetischer Kenndaten der Gebäude fort, so dass weitere Daten zu neueren Substanzen und präzisere Angaben zu Modernisierungsmaßnahmen, die eventuell Rückschlüsse zu Fugendichtmassen erlauben, erwartet werden können.

Eine aktuelle Auswertung der AGÖF-Daten für eine Studie des Bayerischen Landesamtes für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit zur Bewertung von Siloxanen (Kopp, Fromme 2010) ergab in Wohnungen, in denen kurz vorher renoviert worden war, höhere, mittlere Gehalte für D4 und D5. Vergleichende Raumlufthuntersuchungen (mit und ohne Nutzer) und Materialuntersuchungen weisen auf Körperpflegemittel als relevante Siloxanquelle in Innenräumen hin. Zyklische Siloxane können auch von Möbellacken und Anstrichsystemen emittiert werden.

## **7.2 Fallbeispiele**

In einem Betrachtungszeitraum von etwa einem Jahr (Juli 2009 bis Juli 2010) hat das Bremer Umweltinstitut in drei Gebäuden 28 Raumlufthuntersuchungen auf flüchtige organische Verbindungen im Zusammenhang mit der Anwendung von Fugendichtmassen durchgeführt. In zwei Fällen waren Oxim-vernetzende Neutralsilikone verwendet worden. Konkrete Angaben zu den verwendeten Produkten lagen vor. Im dritten Fall wurde die Anwendung Oxim-vernetzender Neutralsilikone vermutet. Die verwendeten Produkte waren nicht bekannt.

Nachfolgend werden die beiden Fallbeispiele, bei denen die verwendeten Fugendichtmassen bekannt waren, beschrieben.

### 1. Fallbeispiel:

In einer berufsbildenden Schule waren nach der Sanierung eines Gebäudes von den Nutzern in mehreren Räumen Beschwerden aufgrund von auffälligen Gerüchen und Befindlichkeitsstörungen (Konzentrationsstörungen und Kopfschmerzen) geäußert worden. Daraufhin wurden im Juli 2009 Messungen auf Aldehyde und VOC exemplarisch in einem der Räume

durchgeführt. Der mindesten acht Stunden ungelüftete Raum war zum Zeitpunkt der Probenahme geruchsauffällig. Der Geruch wurde als süßlich stechend beschrieben und mit der Note 4 (störend) – subjektiver Eindruck des Probennehmers – bewertet. In den Schulferien war ein Austausch der Fenster erfolgt, bei dem die Produkte Ottoseal S 115 der Hermann-Otto GmbH und PTW Fenstersilikon der Soudal GmbH zum Einsatz kamen. Ottoseal S 115 kam bei der Verglasung und PTW Fenstersilikon an den Fensterbänken und über manchen Türen zum Einsatz.

Wie sich im Nachhinein herausstellte, war in dem untersuchten Raum der Austausch der Fenster nur einen Tag vor der Statusmessung erfolgt.

Bei den beiden Produkten handelte es sich um Oxim-vernetzende Neutralsilikone. Beide Produkte enthielten gemäß Sicherheitsdatenblatt gefährliche Inhaltsstoffe (Butanonoxim-vinylsilan bzw. Butan-2-on-O, O', O''-(methylsilylidn) trioxim), die in Reaktion mit Wasser (Raumluftfeuchte) Butanonoxim freisetzen.

Bei der Raumlufthuntersuchung auf flüchtige organische Verbindungen wurde bei hohen sommerlichen Außen- und Innentemperaturen in diesem Raum ein TVOC über 5900 µg/m<sup>3</sup> ermittelt. Folgende Substanzen, für die die verwendeten Fugendichtstoffe als Quelle in Frage kommen, lagen in auffällig – gegenüber statistischen Vergleichsdaten – erhöhten Konzentrationen vor:

- 2-Butanonoxim mit > 1800 µg/m<sup>3</sup>
- 2-Butanon mit > 560 µg/m<sup>3</sup> (die Bestimmung mittels DNPH ergab 5500 µg/m<sup>3</sup>)
- Aliphaten mit ca. 1200 µg/m<sup>3</sup>
- D3 (Hexamethylcyclotrisiloxan) mit 98 µg/m<sup>3</sup>,
- D4 (Octamethylcyclotetrasiloxan) > 250 µg/m<sup>3</sup>
- D5 (Decamethylcyclopentasiloxan) mit > 300 µg/m<sup>3</sup>
- weitere Siloxane über den Response von D4 mit 87 µg/m<sup>3</sup> abgeschätzt

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen das zeitliche Abklingen der Konzentrationen für die TVOC-Werte sowie die 2-Butanonoxim- und die 2-Butanon-Konzentrationen in drei untersuchten Räumen. Die Räume wurden intensiv gelüftet. Die Messungen erfolgten jeweils nach einer Nicht-Belüftung der Räume von mindestens acht Stunden (Statusmessung).

Bei einer weiteren Kontrolluntersuchung im Juli 2010 in einem der Räume wurde 2-Butanonoxim nicht mehr oberhalb der Bestimmungsgrenze nachgewiesen.

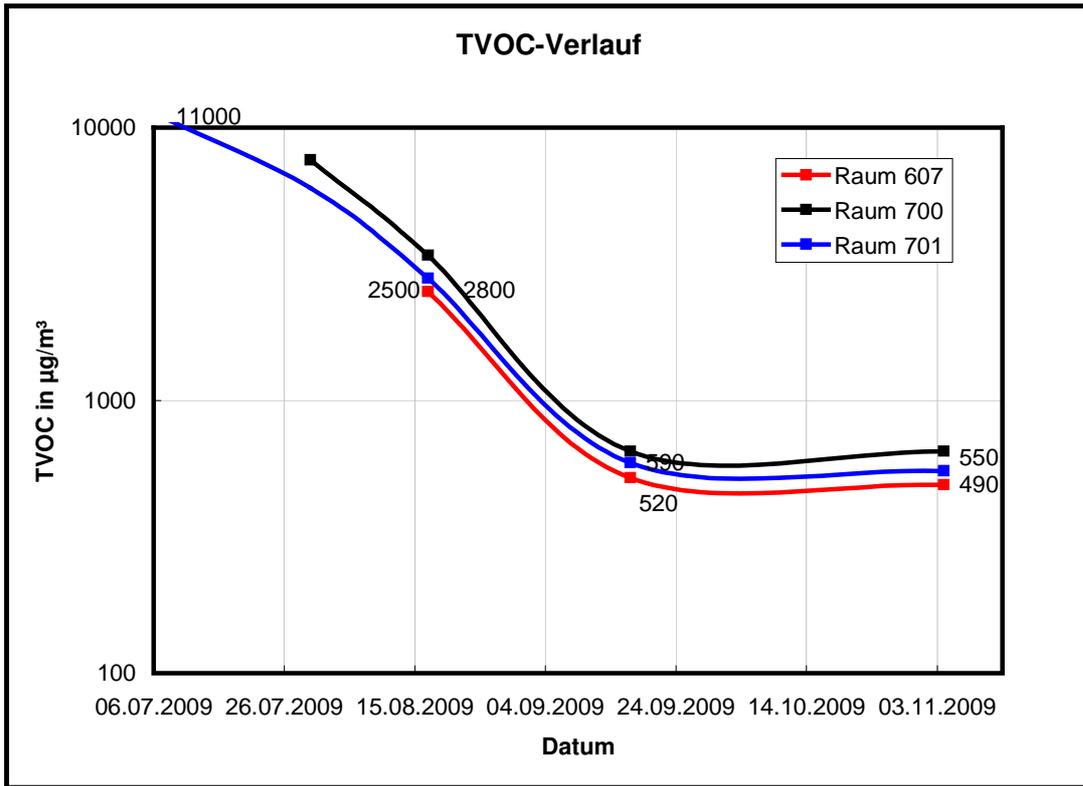


Abbildung 1: Verlauf der TVOC-Konzentrationen in drei Räumen nach der Anwendung von Oxim-vernetzenden Neutralsilikonen

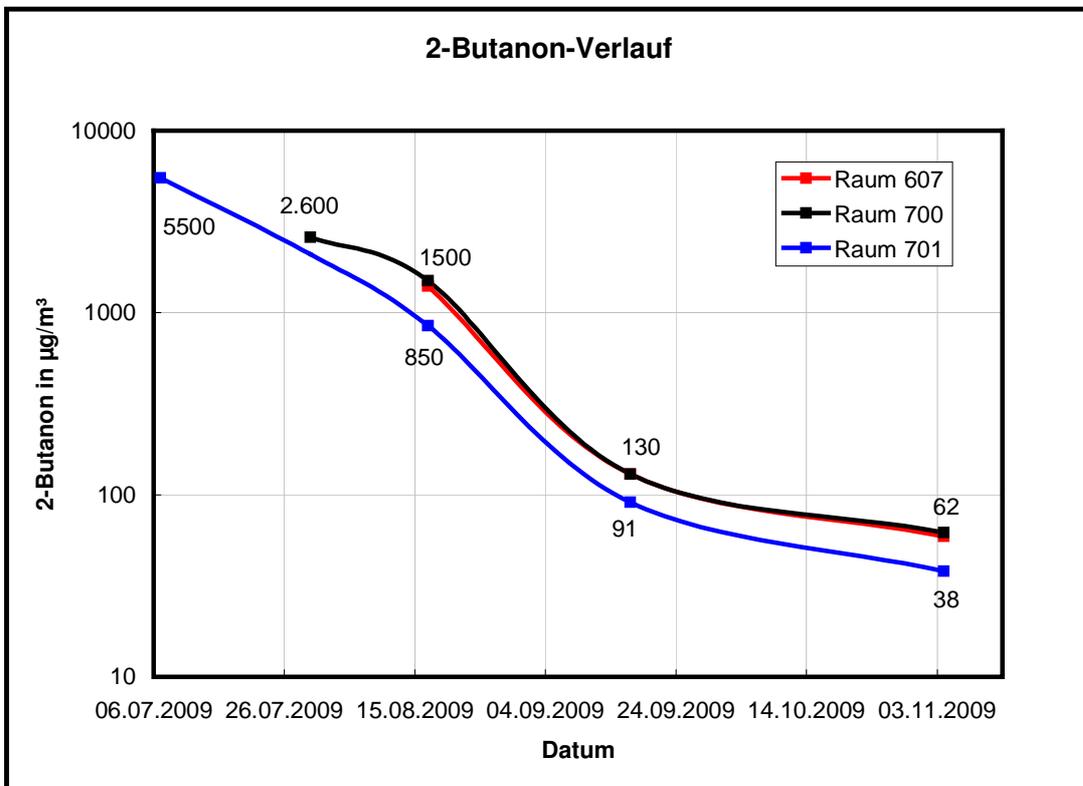


Abbildung 2: Verlauf der 2-Butanon-Konzentrationen in drei Räumen nach der Anwendung von Oxim-vernetzenden Neutralsilikonen

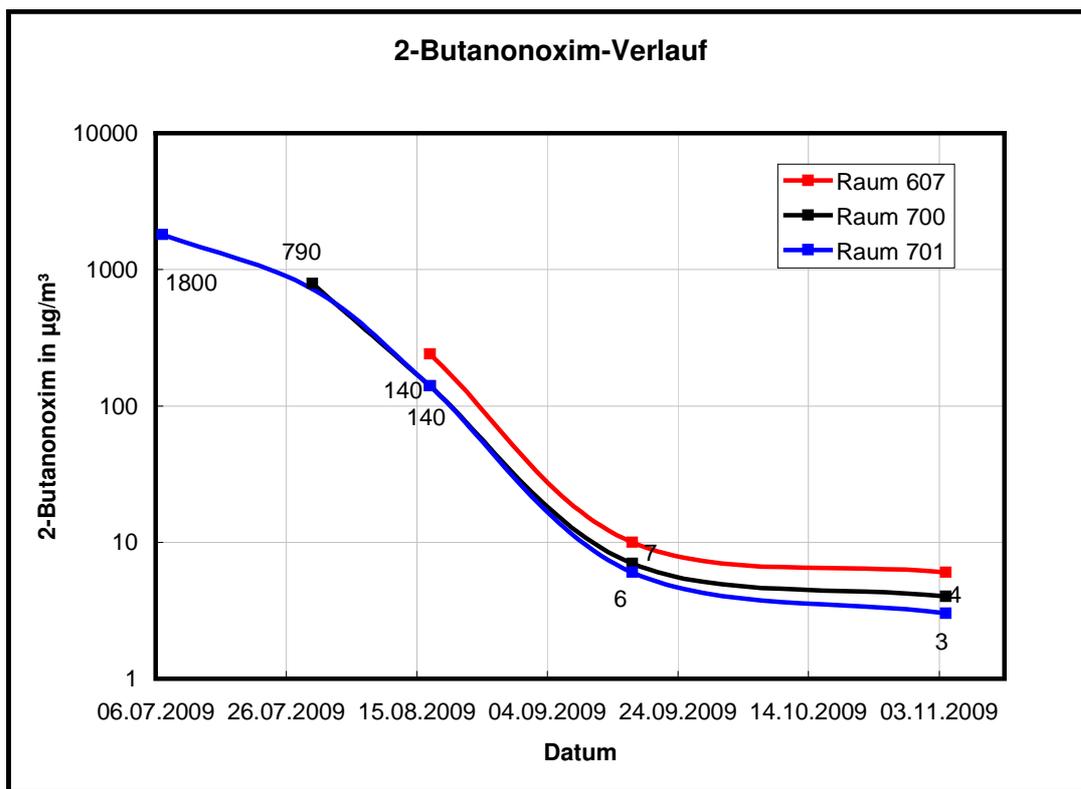


Abbildung 3: Verlauf der 2-Butanonoxim-Konzentrationen in drei Räumen nach der Anwendung von Oxim-vernetzenden Neutralsilikon

## 2. Fallbeispiel:

Im September 2007 waren in einem Wohngebäude (EFH) einige Renovierungsarbeiten durchgeführt worden, bei denen unter anderem auch die Fenster ausgetauscht wurden. Beim Einbau der neuen Fenster wurde eine Oxim-haltige Dichtungsmasse auch im Innenraum verwendet. Das Einsetzen der Fenster erfolgte während einer mehrtägigen Abwesenheit der Bewohner. Anschließend fand daher drei Tage keine Lüftung statt. Es trat zunächst eine starke Geruchsbildung über mehrere Wochen auf, die dazu führte, dass die Räume nicht genutzt werden konnten.

Bei einer Raumluftuntersuchung auf flüchtige organische Verbindungen wurde im September 2009 Methylisobutylketon (MIBK) mit einem überdurchschnittlichen Wert von  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nachgewiesen. Dieser Wert kann in Verbindung gebracht werden mit dem ebenfalls nachgewiesenen Methylisobutylketonoxim ( $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), wobei MIBK als Abbauprodukt des Oxims gewertet werden kann. Analog dazu wurde 2-Butanonoxim mit  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in einer ähnlichen Größenordnung nachgewiesen wie das MIBK-Oxim und das zugehörige Abbauprodukt 2-Butanon in ähnlicher Konzentration ( $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) wie MIBK. Bereits aus Herstellerangaben bekannt war die Abspaltung von Butanonoxim bei Aushärtung der Fugendichtmasse (Fa. Würth, Neutralsilikon perfekt), die 2 Jahre zuvor beim Einbau neuer Fenster in dem untersuchten Raum verwendet wurde. Die Ergebnisse weisen jedoch darauf hin, dass eventuell auch Methylisobutylketonoxim als weiteres Oxim in den Wohnraum eingebracht wurde.

Zwei weitere Fallbeispiele wurden auf Nachfrage bei einem Fachgruppentreffen der AGÖF in Fulda beschrieben. Auch hier waren nach der Anwendung von Fugendichtstoffen Gerüche und erhöhte VOC-Konzentrationen (insbesondere für 2-Butanonoxim) festgestellt worden (Scheidemann 2010).

### **7.3 Fazit „Raumluftuntersuchungen“**

Erhöhte VOC-Konzentrationen in Innenräumen sind nach Renovierungen oder Neubau möglich und statistisch nachweisbar. Hierbei sind auch Emissionen aus Dichtmassen zu erwarten. Es treten allerdings keine Dichtmasse-spezifischen Substanzen auf, so dass keine unmittelbare Quellenzuordnung getroffen werden kann.

Bisher wurden im Zusammenhang mit VOC-Belastungen in der Raumluft selten Dichtmassen untersucht. Im Rahmen des AGÖF-Forschungsvorhabens wurde die Anwendung von Fugendichtmassen nicht explizit abgefragt.

In die Auswertung aufgenommen wurden weiterhin fünf aktuelle Fallbeispiele. In drei Fällen waren Oxim-vernetzende Neutralsilikone verwendet worden, bei zwei Fällen wurde die Anwendung vermutet.

In Folge der Anwendung dieser Produkte traten teilweise extrem hohe 2-Butanonoxim- und Butanon-Konzentrationen auf. Weiterhin wurden auch leicht erhöhte Konzentrationen für zyklische Siloxane sowie Methylisobutylketonoxim und Methylisobutylketon festgestellt.

Gesundheitlich relevant ist dabei vor allem Butanonoxim, das als krebverdächtig (EU-Richtlinie 67/548/EWG) bzw. als krebserregend der Kategorie 2 (MAK-Werte-Liste, DFG) eingestuft ist. Methylisobutylketonoxim ist im Gegensatz bisher nur als gesundheitsschädlich eingestuft. Durch seine strukturelle Verwandtschaft zu Butanonoxim, kann eine ähnlich krebserregende Wirkung dennoch nicht ausgeschlossen werden. Hierzu liegen bislang keine gesicherten Daten vor. Die zyklischen Siloxane (D4, D5, D6) weisen eine geringe akute Toxizität auf. Sie werden zunehmend in verbrauchernahen Produkten (wie Kosmetika) eingesetzt.

Möglicherweise sind die extrem hohen Belastungen auf besondere Anwendungssituationen wie z. B. die mangelnde Lüftung während der Aushärtung aufgrund der Abwesenheit der Nutzer (Schulferien bzw. Urlaub) zurückzuführen.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Die Ausführung solcher Arbeiten in den Ferien ist typisch und stellt gerade in Schulen bei mangelnder Lüftung in den Ferien ein generelles Problem dar.

## 8 Diskussion der Prüfergebnisse

Es sind vergleichsweise wenige Prüfergebnisse über Emissionsprüfungen von Fugendichtmassen verfügbar.

Die durchgeführten Untersuchungen sind nicht repräsentativ für die auf dem Markt befindlichen Produkte.

Die Recherche bezieht sich grob auf einen Betrachtungszeitraum von 2001 bis 2011. Die Rezeptur einer 2004 angebotenen und untersuchten Fugendichtmasse wird vermutlich von der heutigen Formulierung abweichen. Bei einigen Herstellern ist die Tendenz, zunehmend weniger kritische Fugendichtmassen zu vermarkten, zu erkennen. Bisher wurden überwiegend Silikon- (Acetat-, Alkoxy- und Oximsysteme) und Acryldichtmassen untersucht. Zu Silikondichtstoffen auf der Basis von Amin- und Benzamid-Systemen liegen keine Emissionsprüfungen vor. Es ist anzunehmen, dass diese Systeme in Innenräumen aufgrund der Geruchsbildung nicht mehr gebräuchlich sind. Zu PU- und SMP-Dichtstoffen lagen ebenfalls nur Einzelergebnisse vor.

Problematisch bei der Bewertung der Prüfergebnisse sind auch die eingesetzten Prüfverfahren und Prüfbedingungen. Die zur Verfügung stehenden Emissionsdaten wurden mit unterschiedlichen, nicht vergleichbaren Verfahren gewonnen. Bei der Thermoextraktion erfolgt die Ausgasung bei hohen Temperaturen (120 °C). Das unter diesen Bedingungen festgestellte Emissionspotenzial ist nicht übertragbar auf die Kammersituation bei 23 °C. Es können Substanzen festgestellt werden, die mittels Kammerprüfung nicht oder in anderen Größenordnungen freigesetzt würden.

Die überwiegende Zahl der Kammerprüfungen, deren Ergebnisse hier berücksichtigt werden, entspricht nicht den aktuell gültigen Normverfahren bzw. AgBB/DIBt-Prüfbedingungen. Die Abweichungen können sich auf die ermittelten Kammerkonzentrationen auswirken.

Für die Bewertung der Ergebnisse wurden die zu diesem Zeitpunkt verfügbaren NIK-Werte herangezogen. In der NIK-Liste März 2011 sind die NIK-Werte für die zyklischen Siloxane D5 und D6 ergänzt, so dass für diese Substanzen die Verschiebung von der Bewertung über die Summe VOC ohne NIK in die bewertbaren VOC stattfindet, was aufgrund der Höhe der NIK-Werte quasi eine „Senkung“ der Anforderungen bedeutet.

Die im Rahmen des Projektes ermittelten Ergebnisse, die direkt oder indirekt Aussagen zu spezifischen Emissionen liefern, zeichnen ein sehr heterogenes Bild.

Es wurden teilweise sehr hohe Emissionen bzw. gesundheitlich kritische Substanzen festgestellt. Vermutlich handelt es sich bei den MS Hybrid bzw. SMP Systemen eher um emissionsärmere Produkte, allerdings fehlen repräsentative Untersuchungen, um dies abzusichern. Bei Innenraumuntersuchungen wurden auffällige Raumluftbelastungen nach der Anwendung von Oxim-vernetzenden Systemen beobachtet. Allerdings können für die in diesen Fällen festgestellten Belastungen auch spezifische Anwendungssituationen verantwortlich sein.

Für die hier in Innenräumen als relevante Dichtstoffe aufgeführten Systeme liegen entweder Hinweise auf ein heterogenes Emissionsverhalten mit der Möglichkeit der Freisetzung gesundheitlich relevanter Verbindungen oder zu wenige Untersuchungen vor, um eine zuverlässige Unterschreitung der Emissionsanforderungen sicher belegen zu können.

Nachfolgend werden einzelne Prüfbedingungen und Prüfparameter für die Emissionsprüfungen in der Prüfkammer aufgeführt, die relevant für die weiteren Untersuchungen sind.

## 8.1 Prüfbedingungen und Prüfparameter

Die Prüfbedingungen in der Prüfkammer sind weitestgehend standardisiert und werden einheitlich umgesetzt. Dennoch bestehen Unterschiede zwischen den Vorgaben der europäisch harmonisierten Normen und den Anforderungen der verschiedenen Zertifizierungssysteme bzw. der bisherigen Durchführung, die bei der Bewertung der Ergebnisse zu berücksichtigen sind.

Im Folgenden werden relevante Einflussfaktoren für die Ermittlung und Bewertung der VOC-Emissionen beschrieben und Vorschläge für die weitere Umsetzung vorgestellt:

Nach der DIN EN ISO 16000-11 werden Dichtstoffe als flüssiges Produkt definiert. Bei flüssigen Produkten werden die Nutzeranforderungen erst nach einer Übergangsphase z.B. der Aushärtung oder Trocknung erfüllt während feste Produkte die Nutzeranforderungen sofort erfüllen. Weiterhin sieht die DIN die Herstellung eines Prüfstücks in einem inerten Trägermaterial mit 3 mm Tiefe und 10 mm Breite vor. Die Länge richtet sich nach der Prüfkammergröße. Die DIN EN ISO 16000-9 sieht für Dichtungen eine flächenspezifische Belüftung in einem Modellraum in Höhe von  $44 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$  vor.

Für flüssige Produkte sieht das DIBt in seinen Grundsätzen zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten in Innenräumen eine Vorkonditionierung von 72 Stunden in einer Prüfkammer unter Kammerbedingungen vor sofern keine speziellen Anforderungen formuliert werden. Nach Beendigung der Vorkonditionierung wird das Prüfstück in die eigentliche Emissionsprüfkammer überführt. Dieser Zeitpunkt wird als Startpunkt der Emissionsprüfung ( $t_0$ ) angesehen.

Die Dauer der **Vorkonditionierung** hat einen erheblichen Einfluss auf die VOC-Konzentrationen in der Prüfkammer, da Dichtstoffe innerhalb der ersten Tage nach der Ausbringung aushärten und in dieser Zeit mit deutlich höheren spezifischen Emissionsraten gerechnet werden muss. Es ist zu erwarten, dass bei einem unmittelbaren Beginn der Prüfung nach der Herstellung des Prüfkörpers ohne Vorkonditionierung die Wahrscheinlichkeit der Überschreitung von Kriterien sehr viel höher sein wird. Abklingkurven für flüssige Systeme wie z. B. Beschichtungen oder Lacke zeigen einen exponentiellen Abfall der Kammerluftkonzentration in den ersten drei Tagen.

*Die Probenahmezeitpunkte der Kammerprüfungen sollten zunächst so gewählt werden, dass eine Vorkonditionierung des Prüfkörpers von 72 Stunden berücksichtigt wird. Weitere Untersuchungen sollten Hinweise liefern, wie sich eine Anpassung der Vorkonditionierung an die Trocknungszeiten gemäß der Herstellerangabe auf das Ergebnis der Emissionsprüfung auswirken kann.*

Die DIN EN ISO 16.000-9 empfiehlt für die Prüfung von Dichtmassen eine **flächenspezifische Belüftungsrate (Q)** von  $44 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ . Das DIBt sieht für kleine Oberflächen ebenfalls eine flächenspezifische Belüftungsrate (Q) von  $44 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$  vor. Für kleinste Oberflächen wird eine flächenspezifische Belüftungsrate (Q) von  $71,5 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$  vorgesehen. Die VOC-Konzentrationen in der Prüfkammer steigen mit zunehmender Beladung (Zunahme der emittierenden Fläche) an. Innerhalb eines linearen Bereichs können die Emissionsraten mittels Beladungsfaktor berechnet werden bzw. Kammerluftkonzentrationen auf eine einheitliche Beladung umgerechnet werden.

*Für die Kammerprüfungen sollte eine einheitliche flächenspezifische Belüftungsrate (Q) von  $44 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$  zugrunde gelegt werden.*

### **Schichtdicke**

Die Schichtdicke beeinflusst das Trocknungsverhalten des Prüfkörpers. Durch eine größere Schichtdicke wird bei gleichbleibender Oberfläche mehr Masse zur Verfügung gestellt, die zu einer Verlängerung der Aushärtung oder Trocknung führen kann insbesondere dann, wenn sich an der schneller getrockneten Oberfläche eine Sperrschicht für die Diffusion von Gasen ausbildet, die die Aushärtung in tieferen Schichten verzögert.

*Es sollte ein Prüfstück in einem inerten Trägermaterial mit 3 mm Tiefe und 10 mm Breite hergestellt werden.*

### **Systemprüfungen**

Der Einsatz von Vorstrichen und Glättmittel führt zu einer Verbesserung der technischen Eigenschaften der Fugendichtung. Je nach Zusammensetzung dieser Produkte ist ebenfalls mit spezifischen Emissionen zu rechnen. Bisher liegen keine Prüfergebnisse für die Emissionen von Systemen vor.

*Für Fugendichtmassen, die üblicherweise mit Primer verwendet werden, sollten vergleichend auch Systemprüfungen mit dem Einsatz des genannten Primers vorgesehen werden.*

### **Substanzspektrum**

Bei den Emissionsprüfungen gemäß AgBB Prüf- und Bewertungsschema bzw. DIBt Grundsätzen werden VOC- und SVOC-Emissionen sowie gegebenenfalls weitere Emissionen des Bauprodukts bewertet. VVOC werden bisher (außer Formaldehyd und weiteren leichtflüchtigen Aldehyden und Ketonen im Rahmen der DNPH-Analytik) nicht erfasst und nicht bewertet.

Die Emissionen kanzerogener Stoffe der EU-Klassen 1 und 2 werden gesondert bewertet.

*Da bei der Aushärtung von Fugendichtmassen relevante VVOC-Emissionen zu erwarten sind, sollte ein geeignetes Verfahren zum Nachweis dieser Verbindungen in der Kammerluft eingesetzt werden. Eine Bewertung der Weichmacher- und Biozid-Gehalte sollte zunächst auf der Basis der Rezepturangaben erfolgen.*

*In der Auswertung sollten auch die Emissionen mutagener und reproduktionstoxischer Stoffe der EU-Klassen 1 und 2 gesondert aufgeführt werden sowie ein Ausblick auf Substanzen, deren NIK-Werte in der Bearbeitung sind, gegeben werden.*

*Da Fugendichtmassen in der Praxis auch durch ihren unangenehmen Geruch auffallen, sollte möglichst auch der Geruch erfasst werden.*

## 9 Schlussfolgerungen

Es handelt sich bei den elastischen Fugendichtstoffen um eine in ihrer Chemie sehr heterogene Produktgruppe. Die Produktgruppe Fugendichtstoffe umfasst eine Vielzahl von Produkten mit verschiedenen Eigenschaften, Anwendungen und Rezepturen. Abgrenzungen erfolgen überwiegend leistungsbezogen und nicht inhaltsstoffbezogen.

Ein Teil der auf dem Markt befindlichen Produkte zeigt ein kritisches Emissionsverhalten.

Es besteht jedoch wenig Transparenz hinsichtlich des Emissionsverhaltens von Fugendichtmassen und konkrete Ergebnisse sind nur vereinzelt zugänglich. Die verfügbaren Daten sind zum Teil „veraltet“, d.h. sie beruhen auf älteren Bewertungsgrundlagen. Darüber hinaus sind nicht alle Systeme ausreichend erfasst worden. Die Prüfmethoden sind nicht einheitlich, nicht vergleichbar und die Prüfbedingungen der Emissionsprüfungen entsprechen überwiegend nicht den aktuell gültigen Vorgaben (Vorgehen und Bewertung).

Auf der Grundlage der durch die Studie zusammengetragenen Ergebnisse ist daher keine sichere, systematische Zuordnung in weniger oder mehr emittierende Produktgruppen möglich. Es gibt Tendenzen und Zuordnungen hinsichtlich in Frage kommender Stoffe und Stoffgruppen aufgrund der Rezepturen, aber hohe bzw. gesundheitlich relevante Emissionen scheinen bei fast allen der bisher häufiger untersuchten Systeme möglich zu sein. Innerhalb der anhand ihrer Polymerchemie differenzierten und häufiger untersuchten Systeme sind die emissionsrelevanten chemischen Unterschiede so groß, dass keine Systeme mit geringen bzw. gesundheitlich unbedenklichen Emissionen abgegrenzt und aus einer weiteren Prüfung ausgenommen werden können. Bei Dichtstoffen auf SMP-Basis, die bisher innerhalb der Fugendichtmassen noch kaum untersucht wurden, könnte es sich um einen insgesamt emissionsärmeren Typ handeln.

In Bezug auf die Frage nach der Notwendigkeit einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung aus Gründen des Gesundheitsschutzes mit einer damit verbundenen Emissionsprüfung elastischer Fugendichtmassen besteht weiterer Prüfbedarf, um bestehende Kenntnislücken zu schließen und bereits vorliegende Hinweise auf kritische Emissionen mit aktuell gültigen Verfahren zu validieren.

Die weiteren Prüfungen sollten sich zunächst auf die gängigen, innenraumrelevanten Systeme (siehe Tabelle 2) beschränken.

Auf der Grundlage der bisherigen Ergebnisse ergeben sich folgende systembezogenen Fragestellungen:

- „Hauptverdächtige“ identifizieren, Emissionsprüfung von Oxim-Systemen.
- Silikondichtmassen: Prüfen, ob die „Weichmacherproblematik“ bzw. Silikonöle/Siloxane und Erdölanteile weiterhin aktuell und unter den angepassten Prüfbedingungen relevant sind.
- Acryldichtmassen: Prüfen, ob weiterhin Glykole mit niedrigen NIK-Werten eingesetzt werden.
- Alle Systeme: Sind Verunreinigungen vorhanden, insbesondere werden KMR-Stoffe (Kat. 1 und 2) emittiert?
- SMP-Systeme: Sind die neueren Produkte tatsächlich emissionsärmer?
- PU-Dichtstoffe: Verbreitung hinterfragen, Emissionen von Benzaldehyd und aromatischen Lösungsmitteln prüfen.

Bei der Durchführung von Kammerprüfungen sind die in Kapitel 8.1 genannten Hinweise für die Durchführung zu berücksichtigen:

- Profile, Schichtdicke, Q gemäß DIN EN 16.000:9 bzw. DIBt-Grundsätzen
- bei der Vorkonditionierung 72 Stunden berücksichtigen
- Systemprüfungen mit Primer vergleichend durchführen
- Auswertung nach aktueller NIK-Liste mit Hinweisen auf weitere relevante VOC (VOC und SVOC, MR-Einstufungen Kat. 1 und 2) und Gerüche

Tabelle 2: Übersicht Prüfbedarf systembezogen

<b>Produktgruppe</b>	<b>Untergruppe</b>	<b>Mögliche VVOC</b>	<b>Mögliche VOC</b>	<b>Mögliche SVOC</b>	<b>Mögliche Substanzen ohne NIK-Wert</b>	<b>KMR-Stoffe</b>
Silikonkautschuk-Dichtungsmassen	Acetatsysteme		Aliphaten, Siloxane	Siloxane, höhere Alkane	D7	?
	Alkoxysysteme	Methanol, Ethanol, n-Propanol, 2-Propanol	Aliphaten, Siloxane	Siloxane	D7	?
	Oximsysteme		2-Butanonoxim, Methylisobutylketonoxim, 2-Butanon, MIBK	Siloxane	D7	?
Acryldichtmassen			Glykolverbindungen, Acrylate	Phthalate?	?	?
Polyurethandichtstoffe 1K und 2K Systeme			Benzaldehyd, Xylole, Ethylbenzol			?
Dichtstoffe auf der Basis Silanmodifizierter Polymere (SMP) bzw. MS Hybrid		Methanol, Ethanol, n-Propanol, 2-Propanol	?	?	?	?
Primer	lösungsmittelhaltig	Aceton	Toluol		?	?

## 10 Zusammenfassung

Die Literaturstudie zielt darauf ab, das Emissionspotential von Fugendichtmassen zu bewerten, um zu klären, ob und welche Fugendichtmassen einer Emissionsprüfung unterzogen werden sollten. Hierzu wurden Veröffentlichungen zu Emissionen von Fugendichtmassen ausgewertet und weitere Informationen zu Produktemissionen erhoben.

Elastische Fugendichtmassen stellen eine sehr heterogene Produktgruppe dar. Es sind sehr viele unterschiedliche Produkte von zahlreichen Anbietern vorhanden. Die Produktgruppe kann anhand anwendungs- oder rezepturbezogener Eigenschaften in Untergruppen bzw. Systeme unterteilt werden. Als relevante Dichtstoffarten für die Anwendung in Innenräumen sind folgende Systeme zu bewerten:

- Silikonkautschuk-Dichtungsmassen
  - Acetatsysteme
  - Alkoxyssysteme
  - Oximsysteme
- Acryldichtmassen
- Polyurethandichtstoffe
- Dichtstoffe auf der Basis Silanmodifizierter Polymere (SMP) bzw. MS Hybrid

In der Literatur werden gesundheitsrelevante Emissionen insbesondere auf die Vernetzungsreaktion und die dabei freiwerdenden Abspaltprodukte sowie konstitutionelle Bestandteile wie Weichmacher und Fungizide bzw. Konservierungsstoffe zurückgeführt. Bei der Verarbeitung sind ebenfalls die aufgrund der Art der Vernetzung freigesetzten flüchtigen Verbindungen (VOC und SVOC), zu denen u.a. Essigsäure, Methanol und Butanonoxim gehören, als gefährliche Inhaltsstoffe zu beachten.

Fugendichtmassen gehören nicht zu den häufig und regelmäßig auf ihr Emissionspotenzial hin untersuchten Produkten. Bewertungsinstrumente für Fugendichtmassen sind jedoch vorhanden. Für die Emissionsprüfung liegen die europäischen Normverfahren in der Reihe EN DIN ISO 16000 vor. Als freiwillige Label werden u.a. der Blaue Engel (RAL UZ 113 Emissionsarme Dichtstoffe für den Innenraum) und die EMICODE-Einstufung angeboten. Die Anzahl zertifizierter Produkte ist vergleichsweise gering. Es besteht vermutlich einerseits aufgrund der geringen Oberfläche, die Fugendichtmassen in Innenräumen einnehmen, und der relativ geringen Kosten, die auf Fugendichtmassen entfallen, ein bisher vergleichsweise geringes Problembewusstsein und dementsprechend niedriger Bedarf an zertifizierten Produkten.

Die Zeitschrift Öko-Test führt regelmäßig Produkttests über Schadstoffe und die Praxistauglichkeit durch.

Im Rahmen der Studie wurden für die Erfassung und Bewertung der VOC-Emissionen aus Fugendichtmassen Literaturdaten ausgewertet sowie Hersteller, Prüflabore und Anwender befragt.

In einem UBA-Forschungsvorhaben wurden 13 Fugendichtmassen (sieben Acryl- und sechs Silikondichtstoffe) durch die BAM auf ihre Emissionen (VOC und SVOC) und ihren Geruch hin untersucht und gemäß AgBB-Schema bewertet. Weitere Untersuchungsergebnisse konnten anhand von Prüfberichten und mündlichen Informationen erhoben werden. Allerdings sind Prüflabore in der Regel nicht berechtigt, Prüfberichte der Produktprüfungen weiterzugeben und Hersteller nicht bereit, dieses zu tun. Nur zwei Hersteller waren bereit, Prüfberichte (für jeweils zwei Produkte) weiterzugeben. Ein Großteil der zur Verfügung gestellten Ergebnisse

stammt aus Produktuntersuchungen, die im Auftrag von Anwendern durchgeführt wurden. Es lagen 22 Prüfberichte und ein Projektbericht zu speziellen Anwendungssituationen vor. Weitere Informationen zu spezifischen Emissionen konnten den Angaben der Prüflabore entnommen werden (acht Produkte).

Die Ergebnisse wurden in Bezug auf eine mögliche Einteilung der Systeme hinsichtlich ihres Emissionsverhaltens ausgewertet.

Die Ergebnisse der ausgewerteten Untersuchungen zeigen, dass neben den spezifischen Emissionen aufgrund der Art der Vernetzung weitere Emissionen durch den Einsatz von Lösungsmitteln und Lösungsvermittlern sowie Verunreinigungen auftreten. Bei den Produktprüfungen mittels Thermoextraktion wurden Emissionen von bis zu mehreren g/kg festgestellt. Die Untersuchungsergebnisse zeigen ein extrem hohes Emissionspotenzial für einige untersuchte Produkte.

Weitere Hinweise auf innenraumrelevante Emissionen aus Fugendichtmassen können den Ergebnissen von Raumluftmessungen entnommen werden.

Statistische Auswertungen anlassbezogener VOC-Untersuchungen in Innenräumen der AGÖF (VOC-Datenbank I) zeigen, dass für einige VOC höhere Raumluftkonzentrationen ermittelt werden, wenn die Messung einige Wochen nach der Herstellung oder Erneuerung des Raumes erfolgt. Hierzu gehören auch Substanzen, die von Fugendichtmassen freigesetzt werden können. Die Anwendung von Fugendichtmassen wurde bei der Datenerfassung nicht gezielt erfasst. Es ist zu erwarten, dass bei der Fortführung der Datenbank zukünftig Hinweise auf Emissionen aus Fugendichtmassen und spezifische Inhaltsstoffe besser erfasst werden können.

Die Auswertung von Fallbeispielen, bei denen nach der Anwendung von Fugendichtmassen VOC-Belastungen in der Raumluft durch Untersuchungen des Bremer Umweltinstituts festgestellt wurden, zeigt dass anhaltend erhöhte Raumluftkonzentrationen durch die Verbindung Butanonoxim nach der Anwendung von Fugendichtmassen in Innenräumen nachgewiesen werden können. Veranlasst wurden die Untersuchungen aufgrund von Gesundheitsbeschwerden und/oder Geruchsbelästigungen.

Die durchgeführte Recherche zeigt, dass bei den bislang häufiger untersuchten Systemen (Acryl- und Silikondichtmassen) auf der Grundlage der bisherigen Untersuchungsergebnisse angenommen werden kann, dass eine sichere Einhaltung der nach dem AgBB Prüf- und Bewertungsschema und den DIBt-Grundsätzen geforderten Emissionswerte nicht gewährleistet wird. Für andere Systeme wie PU und SMP stehen bislang keine oder kaum Emissionsdaten zur Verfügung. Es sollten daher weitere Untersuchungen durchgeführt werden um auch Aussagen über diese Produkte treffen zu können. Daneben sollte geprüft werden ob Rezeptureigenschaften definiert werden können, die eine sichere Einhaltung der Anforderungen an das Emissionsverhalten ermöglichen.

Im Rahmen der Studie wurde eine Tabelle erarbeitet, die Vorschläge für die zu prüfenden Systeme enthält.

Bei den in der Recherche ausgewerteten Prüfergebnissen lagen unterschiedliche Methoden und Prüfbedingungen zugrunde, die das Ergebnis der Emissionsprüfung erheblich beeinflussen können. Anhand der durchzuführenden Prüfungen sollte daher auch beurteilt werden, welche Veränderungen sich aus der Zugrundelegung der aktuell gültigen Prüfvorgaben und Bewertungsmaßstäbe ergeben können.

## 11 Literatur und Quellenangaben

Ad-hoc Arbeitsgruppe aus Mitgliedern der Innenraumlufthygienekommission (IRK) des Umweltbundesamtes sowie der Arbeitsgemeinschaft der Obersten Landesgesundheitsbehörden (AOLG) (2007): Beurteilung von Innenraumluftkontaminationen mittels Referenz- und Richtwerten. Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 50, 990-1005

AGÖF (2004): AGÖF-Orientierungswerte für flüchtige organische Verbindungen in der Raumluft. In: Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF): - Ergebnisse des 8. Fachkongresses der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF) am 19. und 20. September 2007 in Fürth, 36-56

AGÖF (2004): AGÖF-Orientierungswerte für Raumluft und Hausstaub. In: Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF): - Ergebnisse des 7. Fachkongresses der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF) am 4. und 5. März 2004 in München, 4-39

Bayrisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (Hrsg.) (2010): Kopp, E.; Fromme, H.: Vorkommen und gesundheitliche Bewertung von Silxanen. Band 21 der Schriftenreihe Materialien zur Umweltmedizin.

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011): Bewertungssystem nachhaltiges Bauen (BNB) Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude  
[http://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/RunderTisch/steckbriefe-2011/313\\_bnbV2011-1.pdf](http://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/RunderTisch/steckbriefe-2011/313_bnbV2011-1.pdf)

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2009): Bewertungssystem nachhaltiges Bauen (BNB) Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude Anlage 1: Neubau-Orientierungswerte für die Bewertung von Einzelsubstanzen im Rahmen von VOC-Messungen  
<http://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/RunderTisch/steckbriefe-2010/313.pdf>

DIN EN 15651-1 (2010): Fugendichtstoffe für nicht tragende Anwendungen in Gebäuden und Fußgängerwegen – Teil 1: Fugendichtstoffe für Fassadenelemente

DIN EN 15651-2 (2010): Fugendichtstoffe für nicht tragende Anwendungen in Gebäuden und Fußgängerwegen – Teil 2: Fugendichtstoffe für Verglasungen

DIN EN 717-1:2005-01: Holzwerkstoffe - Bestimmung der Formaldehydabgabe - Teil 1: Formaldehydabgabe nach der Prüfkammer-Methode; Deutsche Fassung EN 717-1:2004

DIN EN ISO 16000-10:2006-06: Innenraumluftverunreinigungen - Teil 10: Bestimmung der Emission von flüchtigen organischen Verbindungen aus Bauprodukten und Einrichtungsgegenständen - Emissionsprüfzellen- Verfahren (ISO 16000-10:2006)

DIN EN ISO 16000-11:2006-06: Innenraumluftverunreinigungen - Teil 11: Bestimmung der Emission von flüchtigen organischen Verbindungen aus Bauprodukten und Einrichtungsgegenständen - Probenahme, Lagerung der Proben und Vorbereitung der Prüfstücke (ISO 16000-11:2006)

DIN EN ISO 16000-9:2008-04: Innenraumluftverunreinigungen - Teil 9: Bestimmung der Emission von flüchtigen organischen Verbindungen aus Bauprodukten und Einrichtungsge-

genständen - Emissionsprüfkammer- Verfahren (ISO 16000-9:2006); Deutsche Fassung EN ISO 16000-9:2006

DIN ISO 16000-3:2008-02; Innenraumluftverunreinigungen - Teil 3: Messen von Formaldehyd und anderen Carbonylverbindungen; Probenahme mit einer Pumpe (ISO 16000-3:2001)

DIN ISO 16000-6:2004-12: Innenraumluftverunreinigungen - Teil 6: Bestimmung von VOC in der Innenraumluft und in Prüfkammern, Probenahme auf TENAX TA®, thermische Desorption und Gaschromatographie mit MS/FID (ISO 16000-6:2004)

E DIN 15651-1 (2007): Fugendichtstoffe im Hochbau -Definitionen, Anforderungen und Bewertung der Konformität. Fugendichtstoffe für Fassaden

E DIN 15651-2 (2007): Fugendichtstoffe im Hochbau -Definitionen, Anforderungen und Bewertung der Konformität. Dichtstoffe für Verglasungen

eco-Institut (2010): eco-INSTITUT-Label Prüfkriterien: Dichtstoffe [http://www.eco-institut.de/e919/e9007/e9093/infoboxContent41382/Prfkriterieneco-LabelB\\_Dichtstoffe20100916KR\\_PDF\\_DE\\_ger.pdf](http://www.eco-institut.de/e919/e9007/e9093/infoboxContent41382/Prfkriterieneco-LabelB_Dichtstoffe20100916KR_PDF_DE_ger.pdf)

GEV-Einstufungskriterien (2010): Anforderungen an emissionskontrollierte Verlegetwerkstoffen, Klebstoffen und Bauprodukten und Vergabe des EMICODE [http://www.emicode.de/pdf/GEV\\_Anforderungskriterien\\_verlege-aktuell.pdf](http://www.emicode.de/pdf/GEV_Anforderungskriterien_verlege-aktuell.pdf)

GEV-Prüfmethode (2010): Bestimmung flüchtiger organischer Verbindungen zur Charakterisierung emissionskontrollierter Verlegetwerkstoffe, Klebstoffe, Bauprodukte und Parkettlacks [http://www.emicode.de/pdf/GEV\\_Pruefmethode-aktuell.pdf](http://www.emicode.de/pdf/GEV_Pruefmethode-aktuell.pdf)

GISBAU Gefahrstoffe beim Bauen, Renovieren und Reinigen. Kap. 21.3 Dichtungsmassen. Stand 05/2001 [http://www.gisbau.de/BUCH/21\\_3.HTM](http://www.gisbau.de/BUCH/21_3.HTM)

Hoffmann, M. (2010): Studie zu Dichtstoffen, schriftliche Mitteilung 02.11.2010

Hofmann H, Müller A, Plieninger P (2007): Ergebnisse des Forschungsprojekts „Erstellung einer Datenbank zum Vorkommen von flüchtigen Verbindungen in der Raumluft“. In: Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF): - Ergebnisse des 8. Fachkongresses der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF) am 19. und 20. September 2007 in Fürth, 14-27

Hofmann H, Plieninger P (2008): Bereitstellung einer Datenbank zum Vorkommen von flüchtigen organischen Verbindungen in der Raumluft. Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF)e.V., Springe-Eldagsen. Umweltbundesamt (Hrsg.), Berlin. Unter <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-I/3633.pdf>

Öko Kauf Wien(2009): Kriterien Katalog 08.009 Elastische Dichtmasse <http://www.wien.gv.at/umweltschutz/oekokauf/pdf/dichtmassen.pdf>

Öko-Test 2001: Silikondichtmassen. Ratgeber Bauen, Wohnen, Renovieren für 2/2001 <http://emedien.oekotest.de/cgi/index.cgi?artnr=27617;bernr=01>, kostenloser Testabruf unter <http://emedien.oekotest.de/payment/E80D9B04FB8B28A60F7BA4819C8FC74248E754C5/27617.html>

Öko-Test 2003: Acryl Fugenmassen: Alles dicht. Ratgeber Bauen, Wohnen, Renovieren für 5/2003 <http://www.oekotest.de/cgi/index.cgi?artnr=29319;bernr=01;co=>, kostenloser Testabruf unter <http://emedien.oekotest.de/payment/9CD24FCEA204DB6B087B6568548081C7213EBC07/29319.html>

Öko-Test 2004: Acryl Fugenmassen: Alles dicht. Jahrbuch für Bauen, Wohnen, Renovieren für 2004 <http://www.oekotest.de/cgi/index.cgi?artnr=29940;bernr=01;co=>, kostenloser Testabruf unter <http://emedien.oekotest.de/payment/D0F19BE031AFC28EF2F5E6D9110D250E5988D48C/29940.pdf>

Öko-Test 2007: Acryl-Fugenmassen: UnFug. Öko-Test August 2007 <http://emedien.oekotest.de/cgi/index.cgi?artnr=65249;bernr=01;co=>

Öko-Test 2009: Acryl-Fugenmassen: UnFug. Jahrbuch für Bauen, Wohnen, Renovieren für 2010 <http://emedien.oekotest.de/cgi/index.cgi?artnr=94041;bernr=01>

Öko-Test 2011: Silikon-Fugenmassen, Sanitär: Kleiner Dichtblick. Öko-Test Februar 2011 <http://www.oekotest.de/cgi/index.cgi?artnr=96963;bernr=01;co=>

RAL gGmbH (2009): Vergabegrundlage für Umweltzeichen. RAL-UZ 123 Emissionsarme Dichtstoffe für den Innenraum <http://www.blauer-engel.de/de/produkte/marken/produktsuche/produkttyp.php?id=207>

Rühl R.; Kluger N. (1995 – 2010): Handbuch der Bau-Chemikalien. Kapitel IV Fugendichtstoffe 27. Erg.-Lfg. 6/03

Scheidemann, P. (2010): Zwei Fallbeispiele, schriftliche Mitteilung am 19.12.2010

Ullman von, A. (2007): Kunst kennt keinen Urlaub und kann sich nicht erholen oder, von den Unwegsamkeiten Präventionen durchzusetzen. In: Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF): - Ergebnisse des 8. Fachkongresses der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF) am 19. und 20. September 2007 in Fürth, 38-49

Umweltbundesamt (2008): Vergleichswerte für flüchtige organische Verbindungen (VOC und Aldehyde) in der Innenraumluft von Haushalten in Deutschland. Bundesgesundheitsblatt 1; Seiten 109-112

Umweltbundesamt Hrsg. (2007): Umwelt- und Gesundheitsanforderungen an Bauprodukte, Ermittlung und Bewertung der VOC-Emissionen und der geruchlichen Belastungen. UBA Texte 16/07, UFOPLAN-Nr. 202 62 320

Umweltbundesamt Hrsg. (2007): Unbedenkliche Bauprodukte für Umwelt und Gesundheit: Wie viel Prüfaufwand ist notwendig zur Umsetzung der EG-Bauproduktenrichtlinie. UBA Texte 05/07, UFOPLAN-Nr. 202 95 384

Wikipedia: Dichtstoff <http://de.wikipedia.org/wiki/Dichtstoff>

**12 Anhang**

Tabelle A1: Übersicht über Dichtmassensysteme und ihre Eigenschaften

<b>Typ</b>	<b>System</b>	<b>Anwendungsbereiche</b>	<b>Technische Eigenschaften</b>
Silikonkautschuk-Dichtungsmassen	Acetatsysteme	Abdichtung im Sanitärbereich, Abdichtung von Anschluss- und Bewegungsfugen im Innen- und Außenbereich	chemisch reaktiv (sauer reagierend), nach 4 Tagen voll vernetzt bei 10 mm Dicke, sehr alterungs- und witterungsbeständig, wasserfest, resistent gegen Säuren und Laugen, bei hoher Beanspruchung Primer einsetzen, anstrichverträglich, nicht überstreichbar
Silikonkautschuk-Dichtungsmassen	Alkoxysysteme	vielseitig einsetzbar, jüngere Entwicklung	chemisch reaktiv, (neutral vernetzend), anstrichverträglich, nicht überstreichbar, geruchsarm
Silikonkautschuk-Dichtungsmassen	Oximsysteme	Universal-Dichtstoff für den gesamten Bausektor, auch im Metall- und Containerbau, auch in der Elektronikindustrie anwendbar	chemisch reaktiv, (neutral vernetzend), nicht korrosiv, anstrichverträglich, nicht überstreichbar, kein Fadenzug
Silikonkautschuk-Dichtungsmassen	Amin/Aminoxysysteme	auch auf Metallen einsetzbar, am Markt nicht mehr häufig zu finden	chemisch reaktiv (alkalisch reagierend), stabile Produkte, die auch bei kalter Witterung durchhärten, Vernetzung innerhalb von 8 Tagen bei 20 °C
Silikonkautschuk-Dichtungsmassen	Benzamidsysteme	Fensterbau, Spezialanwendungen, am Markt nicht mehr häufig zu finden, haften auf allen Untergründen	chemisch reaktiv (neutral vernetzend), besonders hohe Dehnfähigkeit, längere Vernetzungszeiten
Silikonkautschuk-Dichtungsmassen	Silikonharzdispersion	Abdichtung im Sanitärbereich	chemisch nicht reaktiv, überstreichbar,
Acryldichtungsmassen	Acrylharz-Dispersion	Vielfach in der Bauindustrie, Abdichten von Setzfugen und Rissen ohne nennenswerte Bewegung, Anschlussfugen im Innenbereich, Außenbereiche ohne ununterbrochene Wassereinwirkung	chemisch nicht reaktiv, überstreichbar, feuchteempfindlich, geringere Elastizität, Schrumpfung da Verlust an Wasser
Polyurethandichtstoffe	ein- und zweikomponentige Systeme	Fahrzeugbau, Metallbau, Abdichtung von Hochbaufugen, geringer Marktanteil bei Bodenfugen, Deh-	chemisch reaktiv, feuchtigkeitshärtend, geruchsarm, überstreichbar, hohe

<b>Typ</b>	<b>System</b>	<b>Anwendungsbereiche</b>	<b>Technische Eigenschaften</b>
		nungs- und Anschlussfugen	Dehnfähigkeit, nicht korrosiv. Fehler durch falsches Mischen bei 2-K-Systemen möglich
Hybrid-Dichtstoffe	Silanmodifizierte Polymere (SMP), MS Polymer	Auf nahezu allen Untergründen einsetzbar, auch auf feuchten Untergründen	chemisch reaktiv, UV-stabil, primerlos haftend, siliconfrei, geruchsneutral, schrumpfarm, anstrichverträglich
Polysulfiddichtstoffe	ein- und zweikomponentige Systeme	Glas- und Fensterbau, Verglasung von Holzfenstern Abdichten von Fugen im Tankstellenbereich, Herstellung von Isolierglas, Flugzeugbau, am Markt nicht mehr häufig zu finden, wird normalerweise im Außenbereich eingesetzt	chemisch reaktiv, sehr medienresistent, typischer Eigengeruch, Fehler durch falsches Mischen bei 2-K-Systemen möglich
Butyldichtstoffe	Butylkautschuk-Dichtungsmassen Polyisobutylene-Dichtungsmassen	Fahrzeugbau, Abdichtung von Anschlussfugen, am Markt nicht mehr häufig zu finden	chemisch nicht reaktiv, Schrumpfung bei Verlust an Lösungsmittel
Korkdichtstoffe	Dispersion	Schall- und Wärmedämmung von Anschlussfugen zwischen Fensterrahmen und Mauerwerk, an Türen und Trennwänden	chemisch nicht reaktiv, lösungsmittelfrei
Bitumendichtstoff	Dispersion	Zur Abdichtung von Kamin-, Mauer- und Dachanschlüssen	chemisch nicht reaktiv

Tabelle A2: Übersicht über Label-Anforderungen für Fugendichtstoffe im Vergleich mit den DIBt-Grundsätzen bzw. dem AgBB-Prüf- und Bewertungsschema

<b>Zertifizierungssystem / Label</b>	<b>EMICODE</b>	<b>Blauer Engel</b>	<b>eco-Institut-Label</b>	<b>DIBt/Ü-Zeichen</b>
	Freiwilliges Label	Freiwilliges Label	Freiwilliges Label	Verbindliche nationale Qualitätsnorm
	GEV	RAL gGmbH	eco-Institut	Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt)
<b>Titel der Vergabegrundlage</b>	GEV-Einstufungskriterien Anforderungen an emissionskontrollierte Verlegewerkstoffen, Klebstoffen und Bauprodukten und Vergabe des EMICODE GEV-Prüfmethode Bestimmung flüchtiger organischer Verbindungen zur Charakterisierung emissionskontrollierter Verlegewerkstoffe, Klebstoffe, Bauprodukte und Parkettlacke	Vergabegrundlage für Umweltzeichen Emissionsarme Dichtstoffe für den Innenraum, RAL-UZ 123	Dichtstoffe	Grundsätze zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten in Innenräumen
<b>Stand der aktuellen Fassung</b>	28.07.2010	April 2009	September 2010	Oktober 2008 AgBB_Schema und NIK-Liste 2010
<b>Zielsetzung</b>	Bewertung nach den ER3-Kriterien der BPR, Einstufung in Bezug auf Langzeitemissionen	Auszeichnung positiver Eigenschaften von Produkten und Dienstleistungen Angeboten gekennzeichnet werden können, den Strukturwandel der Wirtschaft in Richtung nachhaltige Entwicklung zu beschleunigen	Kennzeichnung von Produkten, die über gesetzliche Anforderungen hinausgehende Schadstoff- und Emissionsanforderungen erfüllen	Schutz der Gesundheit von Gebäudenutzern, Umsetzung der ER 3 Anforderungen bei der Erteilung allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassungen durch das Deutsche Institut für Bautechnik
<b>Geltungsbereich der Vergabegrundlage</b>	Die GEV-Einstufungskriterien und Prüfmethode gelten für Verlegewerkstoffe, Klebstoffe,	Spritzbare, plastische verarbeitbare Dichtstoffe gemäß DIN EN 26 927	Dichtstoffe auf Basis synthetischer Rohstoffe Dichtstoffe auf Basis nach-	Zulassungspflichtig sind Bodenbeläge in Aufenthaltsräumen (elastische und textile

Zertifizierungssystem / Label	EMICODE	Blauer Engel	eco-Institut-Label	DIBt/Ü-Zeichen
	Bauprodukte und Parkettlacke. Fugendichtstoffe werden als flüssige oder pastöse Produkte mit hohem organischem Bindemittelanteil, die zur Abdichtung von Fugen zwischen angrenzenden Bauteilen verwendet beschrieben.	(Fugendichtstoffe): Produkte, die in Fugen eingebracht werden und diese abdichten, indem das Material an den Fugenflanken haftet. Gilt nur für Dichtstoffe, die zur Verwendung im Innenbereich bestimmt sind. Einbezogen sind Dichtstoffe, die flächig aufgetragen werden.	wachsender Rohstoffe können mit dem natureplus-Qualitätszeichen ausgezeichnet werden	Beläge, Kunstharzestriche, Lamine), dekorative Wandbekleidungen Sportböden, Dämmunterlagen, Klebstoffe für Bodenbeläge, Holzbehandlungsmittel, Parkette und Parkettbeschichtungen
<b>Eingrenzung/Ausschlüsse Allgemeine stoffliche Anforderungen</b>	Nach dem Gefahrstoffrecht mit dem Totenkopf gekennzeichnete Produkte sind vom EMICODE ausgeschlossen. Stoffe, die nach EU-Richtlinien erwiesenermaßen krebserzeugend, erbgutverändernd oder fortpflanzungsgefährdend („KMR-Stoffe“ der Klassen 1 und 2) sind, dürfen nicht eingesetzt werden (besondere Prüfungen siehe Anforderungen an das Emissionsverhalten unter „Einstufungskriterien“). Methylalkylketoxim (MEKO) und Methylisobutylketoxim (MIBKO) werden aus Arbeitsschutz- und Geruchsgründen ausgeschlossen. Eine besondere Prüfung auf diese Bestandteile wird nicht gefordert. Silanbasierende, silanterminierte und silanmodifizierte Klebstoffe <sup>3</sup>	Die Vergabegrundlage gilt für: Fugendichtstoffe aus Silikon auf Wasser- Acetatbasis und neutralvernetzende Silikone (mit Ausnahme von oximvernetzenden Systemen) Fugendichtstoffe auf Acrylatbasis, Fugendichtstoffe auf Basis von Silan-modifizierten Polymeren (SMP) Die verwendeten Materialien für die Herstellung eines Dichtstoffes dürfen keine Stoffe oder Zubereitungen als konstitutionelle Bestandteile enthalten oder abspalten, die als Sehr giftig (T+), giftig (T); K1, K2, M1, M2, RF1, RF2, RE1, RE2 MAK-Liste krebserzeugende Arbeitsstoffe Kat. 1 oder 2; keimzellenmutagen Arbeits-	Volldeklaration der Einsatzstoffe Minimierungsgebot für Einsatzstoffe mit Gefährlichkeitsmerkmalen gem. Gefahrstoffrecht Verwendungsverbot für ausgewählte Stoffe und Stoffe mit bestimmten Gefährdungsmerkmalen	Offenlegung der Rezeptur Anwendung von Ausschlusskriterien für einzelne Inhaltsstoffe: neben den geltenden gesetzlichen Regelungen (z.B. Chemikalienverbotsverordnung) müssen Verwendungsverbote oder Beschränkungen gemäß Anhang eingehalten werden. Der Einsatz von Stoffen, die nach der europäischen Richtlinie 67/548/EWG in der jeweils aktuell geltenden Fassung mit "T + " und "T" gekennzeichnet werden müssen, sollte vermieden werden; falls solche Stoffe technisch unvermeidbar sind, muss eine gesonderte Bewertung erfolgen.

<sup>3</sup> vermutlich sind hier Dichtstoffe gemeint

Zertifizierungssystem / Label	EMICODE	Blauer Engel	eco-Institut-Label	DIBt/Ü-Zeichen
	dürfen nur mit dem Emicode gekennzeichnet werden, wenn der Arbeitsplatzgrenzwert für den bestimmungsgemäß freigesetzten Alkohol eingehalten wird.	stoffe Kat, 1 oder 2 Keine Konservierer Keine Pigmente, die PB,Cd oder Cr VI Verbindungen enthalten Keine Phthalate Nur zinnorganische Verbindungen als Katalysator für die Vernetzungsreaktion, die in der Bedarfsgegenständeverordnung aufgeführt sind, mit Ausnahme von Dibutylzinnverbindungen Zusätzliche Anforderungen für Dichtstoffe im Lebensmittel- und Trinkwasserbereich		Cancerogene (T, R 45; T, R 49) und mutagene (T, R 46) Stoffe der Kategorie 1 und 2 nach der europäischen Richtlinie 67/548/EWG dürfen nicht aktiv eingesetzt werden, es sei denn es kann belegt werden, dass von ihnen kein Risiko für die Gesundheit der Nutzer, des Gebäudes und die Umwelt ausgeht. Beim Einsatz von Abfällen (zur Verwertung) gelten zusätzlich weitere Ausschlusskriterien.
<b>Arbeitsschutzanforderungen</b>	Für Produkte, die spezielle Arbeitsschutzmaßnahmen erfordern, wird die Emissionsklassenbezeichnung durch den Zusatz „R“ (reguliert) ergänzt.			

Zertifizierungssystem / Label	EMICODE			Blauer Engel	eco-Institut-Label	DIBt/Ü-Zeichen
Emissionsanforderungen:	EC2	EC1	EC1 <sup>PLUS</sup>			
<b>Formaldehyd nach 3 Tagen</b>	≤ 50 µg/m <sup>3</sup>	≤ 50 µg/m <sup>3</sup>	≤ 50 µg/m <sup>3</sup>			≤ 0,1 ppm (120 µg/m <sup>3</sup> ) Die Bewertung der Formaldehydemission erfolgt in Anlehnung an die Chemikalien-Verbotsverordnung. Die Ausgleichskonzentration an Formaldehyd darf in der Prüfkammer 0,1 ppm (120 µg/m <sup>3</sup> ) nicht übersteigen.
<b>Formaldehyd nach 28 Tagen</b>				≤ 0,05 ppm (60 µg/m <sup>3</sup> )	≤ 24 µg/m <sup>3</sup>	≤ 0,1 ppm (120 µg/m <sup>3</sup> ) (Anmerkungen s.o.)
<b>Acetaldehyd nach 3 Tagen</b>	≤ 50 µg/m <sup>3</sup>	≤ 50 µg/m <sup>3</sup>	≤ 50 µg/m <sup>3</sup>			
<b>Summe Formaldehyd und Acetaldehyd nach 3 Tagen</b>	≤ 0,05 ppm	≤ 0,05 ppm	≤ 0,05 ppm			
<b>Acetaldehyd nach 28 Tagen</b>					≤ 24 µg/m <sup>3</sup>	
<b>Andere Aldehyde nach 28 Tagen</b>				≤ 0,05 ppm		
<b>Monomere Isocyanate (nur bei Verwendung von entsprechenden Einsatzstoffen)</b>					≤ 1 µg/m <sup>3</sup> (TDI, HDI; 24 Stunden nach Prüfkammerbeladung) ≤ 2 µg/m <sup>3</sup> (MDI; 24 Stunden nach Prüfkammerbeladung)	
<b>TVOC nach 3 Tagen</b>	≤ 3000 µg/m <sup>3</sup>	≤ 1000 µg/m <sup>3</sup>	≤ 750 µg/m <sup>3</sup>	≤ 2000 µg/m <sup>3</sup>	≤ 3000 µg/m <sup>3</sup>	≤ 10 mg/m <sup>3</sup>
<b>TVOC nach 28 Tagen</b>	≤ 300 µg/m <sup>3</sup>	≤ 100 µg/m <sup>3</sup>	≤ 60 µg/m <sup>3</sup>	≤ 300 µg/m <sup>3</sup>	≤ 300 µg/m <sup>3</sup>	≤ 1,0 mg/m <sup>3</sup>
<b>Summe KMR-Stoffe nach 3 Tagen</b>	≤ 10 µg/m <sup>3</sup>	≤ 10 µg/m <sup>3</sup>	≤ 10 µg/m <sup>3</sup>	≤ 10 µg/m <sup>3</sup>	≤ 1 µg/m <sup>3</sup>	

Zertifizierungssystem / Label	EMICODE			Blauer Engel	eco-Institut-Label	DIBt/Ü-Zeichen
<b>Emissionsanforderungen:</b>	EC2	EC1	EC1 <sup>PLUS</sup>			
<b>Cancerogene Stoffe der EU-Kategorien 1 und 2 nach 3 Tagen</b>						≤ 0,01 mg/m <sup>3</sup>
<b>KMR-Einzelstoffe nach 28 Tagen</b>	≤ 1 µg/m <sup>3</sup>	≤ 1 µg/m <sup>3</sup>	≤ 1 µg/m <sup>3</sup>	≤ 1 µg/m <sup>3</sup>		
<b>Cancerogene Stoffe der EU-Kategorien 1 und 2 nach 3 Tagen</b>						≤ 0,001 mg/m <sup>3</sup>
<b>TSVOC nach 28 Tagen</b>	≤ 100 µg/m <sup>3</sup>	≤ 50 µg/m <sup>3</sup>	≤ 40 µg/m <sup>3</sup>	≤ 30 µg/m <sup>3</sup>	≤ 100 µg/m <sup>3</sup>	≤ 0,1 mg/m <sup>3</sup>
<b>Summe VOC ohne NIK und nicht identifizierbare VOC nach 28 Tagen</b>			≤ 40 µg/m <sup>3</sup>	≤ 100 µg/m <sup>3</sup> In der ersten Laufzeit der Vergabegrundlage wird die Summe VOC ohne NIK von den Prüfinstituten ermittelt und in den Prüfbericht aufgenommen, führt aber bei Überschreitung nicht zur Ablehnung. In der Anhörung zur Revision der Vergabegrundlage wird unter Berücksichtigung der Ergebnisse über die Aufnahme eines Wertes entschieden.	≤ 100 µg/m <sup>3</sup>	≤ 0,1 mg/m <sup>3</sup> Summe der nicht bewertbaren VOC ab einer Konzentration von ≥ 0,005 mg/m <sup>3</sup>
<b>R-Wert nach 28 Tagen</b>			≤ 1	< 1	≤ 1	≤ 1 Stoffe der NIK-Werte-Liste, deren Konzentration ≥ 5 µg/m <sup>3</sup> beträgt gehen in die R-Wert-Berechnung ein
<b>Geruch</b>					≤ Stufe 3 (24 Stunden nach Exsikkatorbeladung)	sensorische Prüfung bislang noch nicht in die Bewertung implementiert, da bisher noch kein abgestimmtes

Zertifizierungssystem / Label	EMICODE			Blauer Engel	eco-Institut-Label	DIBt/Ü-Zeichen
<b>Emissionsanforderungen:</b>	EC2	EC1	EC1 <sup>PLUS</sup>			
						und allgemein anerkanntes Verfahren zur Geruchsbewertung von Bauprodukten zur Verfügung steht
<b>Summe bicyclische Terpene nach 28 Tagen</b>					≤ 200 µg/m <sup>3</sup>	
<b>Summe sensibilisierender Stoffe nach 28 Tagen</b>					≤ 100 µg/m <sup>3</sup>	
<b>Summe VOC (inkl. VVOC und SVOC Kategorien KMR 3 nach 28 Tagen)</b>					≤ 50 µg/m <sup>3</sup>	
<b>Summe C9 – C14 Alkane / Isoalkane nach 28 Tagen</b>					≤ 200 µg/m <sup>3</sup>	
<b>Summe C4 – C11 Aldehyde, acyclisch nach 28 Tagen</b>					≤ 100 µg/m <sup>3</sup>	
<b>Styrol nach 28 Tagen</b>					≤ 10 µg/m <sup>3</sup>	
<b>MIT nach 28 Tagen</b>					≤ 1 µg/m <sup>3</sup>	
<b>Benzaldehyd nach 28 Tagen</b>					≤ 20 µg/m <sup>3</sup>	
<b>Besonderheiten</b>						Berücksichtigungsgrenze für die Summenbildungen und R-Wert-Berechnung (5 µg/m <sup>3</sup> ) Rundungsregeln
<b>Spezielle Anforderungen</b>				Bei methanolabspaltenden Dichtstoffen wird zusätzlich die Emission von Methanol bestimmt und in die Berechnung des TVOC-Wertes einbezogen		
<b>Verkürzung der Prüfdauer</b>	Frühestens nach 10 Tagen möglich, wenn die Einstufungswerte nach 28 Tagen eingehalten			Frühestens nach 7 Tagen, wenn an vier aufeinander folgenden Messtagen die zulässigen		Abbruch für Bodenbeläge nach 7 Tagen und nach 3 Tagen (nur bewährte Bodenbeläge)

Zertifizierungssystem / Label	EMICODE			Blauer Engel	eco-Institut-Label	DIBt/Ü-Zeichen
<b>Emissionsanforderungen:</b>	EC2	EC1	EC1 <sup>PLUS</sup>			
	ten werden.			gen Emissionsendwerte jeweils nicht überschritten werden und während dieses Zeitraums für keine der nachzuweisenden Substanzen ein Konzentrationsanstieg feststellbar ist.		<p>unter bestimmten Voraussetzungen möglich.</p> <p>Die Emissionsprüfung kann nach 7 Tagen nach Beladung der Prüfkammer abgebrochen werden, wenn die ermittelten Werte unterhalb von 50 % der 28-Tage-Werte liegen und im Vergleich zur Messung am 3. Tag kein signifikanter Konzentrationsanstieg einzelner Substanzen festzustellen ist. Die 50 %-Marke gilt auch für den R-Wert. Die Abbruchkriterien für die Formaldehydemission gelten dann als erfüllt, wenn die Konzentration von Formaldehyd nach 3 Tagen und 7 Tagen <math>\leq 0,05</math> ppm beträgt.</p> <p>Die Emissionsprüfung kann bereits nach 3 Tagen abgebrochen werden, wenn die ermittelten TVOC- und SVOC-Werte unterhalb von 30 % der 28-Tage-Werte liegen und die nicht bewertbaren Stoffe und der R-Wert unterhalb von 50 % der 28-Tage-Werte liegen.</p>
<b>Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit</b>				Gemäß üblichen Qualitätsanforderung unter Beachtung der Normen DIN 53 504 und DIN 53 505 und DIN ISO 2137		über Bezug zur DIN Normen geregelt
<b>Anforderungen an die</b>				Keine Fungizide, Insektizide		

Zertifizierungssystem / Label	EMICODE			Blauer Engel	eco-Institut-Label	DIBt/Ü-Zeichen
<b>Emissionsanforderungen:</b>	EC2	EC1	EC1 <sup>PLUS</sup>			
<b>Verwertung und Entsorgung</b>				und Flammschutzmittel, keine halogenorganischen Verbindungen		
<b>Normen</b>	DIN EN ISO 16.000-3 DIN EN ISO 16.000-6 DIN EN ISO 16.000-9			DIN EN ISO 16.000-3	DIN EN 717-1 i.A. DIN EN ISO 16.000-3 DIN EN ISO 16.000-6 DIN EN ISO 16.000-9 DIN EN ISO 16.000-11	DIN EN 717-1 DIN EN ISO 16.000-3 DIN EN ISO 16.000-6 DIN EN ISO 16.000-9 DIN EN ISO 16.000-11
<b>Probenahme</b>	Durch den Hersteller				Unabhängige Probenahmestelle	Zulassungseignungsprüfung: Hersteller oder sachverständige Prüfstelle Überwachungsprüfungen: amtliche Entnahme durch die PÜZ-Stelle
<b>Alter der Proben</b>	Produktion vor maximal acht Wochen				aus der laufenden Produktion bzw. max. drei Wochen	Probenahme im Werk nach Erlangung der frühesten Handelsfähigkeit, emissionsarme Verpackung und sachgerechte Lagerung, Beginn der Prüfung spätestens 8 Wochen nach Erlangung der frühesten Handelsfähigkeit
<b>Herstellung der Prüfmusters</b>	Prüflabor Dichtstoff in eine Form aus inertem Material einbringen Tiefe 3 mm Breite 10 mm			Prüflabor Inerte Profile aus Glas oder Edelstahl Profildbreite 10 mm, Schichthöhe der Dichtmasse 3 mm		Prüflabor oder Techniker des Herstellers, Vorgaben produktbezogen
<b>Vorkonditionierung</b>	keine			?		Je nach Produktgruppe, 72 Stunden bzw. gemäß Herstellerangaben
<b>Systemprüfungen</b>	möglich?			?		vorgesehen
<b>Luftwechsel; Beladung; flächenspe-</b>	0,5 h <sup>-1</sup> ; 0,007 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ;			0,5 h <sup>-1</sup> ; 0,011 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ;		23 °C (± 1 °C), 50 % r. F. (± 3 %)

Zertifizierungssystem / Label	EMICODE			Blauer Engel	eco-Institut-Label	DIBt/Ü-Zeichen
<b>Emissionsanforderungen:</b>	EC2	EC1	EC1 <sup>PLUS</sup>			
<b>zifische Luftdurchflussrate</b>	71 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h			44 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h		0,5 h <sup>-1</sup> bzw. 0,25 bis 1,5 h <sup>-1</sup> 0,007 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ; 44 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h (für kleine Oberflächen) bzw. 71,5 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h (für kleinste Oberflächen)
<b>Kammermindestgröße</b>	100 Liter			20 Liter		20 Liter, nur Kammern aus Edelstahl und/oder Glas
<b>Prüfungsberechtigung</b>	Akkreditierung der GEV Prüfmethode nach ISO 17025			Liste sachverständiger Prüflabore	Eco-Institut	sachverständige Prüfstellen gemäß DIBt-Liste
<b>Kontrollen</b>	Die GEV behält sich die Durchführung von Kontrollprüfungen lizenzierter Produkte vor.					
<b>Überwachung</b>	Im Verantwortungsbereich des Herstellers			Der Zeichennehmer übernimmt die Verpflichtung, die Anforderungen an die Zeichenvergabe für die Dauer der Benutzung einzuhalten.	Konformitätserklärung des Herstellers	Werkseigene Produktionskontrolle, je nach Produktgruppe jährliche Fremdüberwachung zum Emissionsverhalten mit einem Kurzzeitmessverfahren
<b>Gültigkeit</b>	unbegrenzt			Die Geltungsdauer der Verträge läuft bis 31.12.2013 und verlängert sich jeweils um ein Jahr falls keine Kündigung erfolgt.	2 Jahre	5 Jahre

Tabelle A3: Statistische Kenndaten der AGÖF VOC DB I (Hofmann, Plieninger 2008) im Vergleich mit den Neubau-Orientierungswerten (BMVBS 2009) und dem P95 des Kinder-Umwelt-Surveys (UBA 2008)

Substanz	Statistische Kenndaten AGÖF						N-OW	P95 KUS N=555
	N	%<BG	Max	P50	P90	P95		
<b>n-Decan</b>	2349	21,8	1401	2,0	20,1	41,0	33	14,9
<b>n-Undecan</b>	2362	13,5	3501	3,0	29,0	58,0	57	14,8
<b>n-Dodecan</b>	2363	18,7	3501	2,0	16,0	30,9	30	7,9
<b>Cyclohexan</b>	2365	42,4	1400	2,0	13,0	29,8	30	39,1
<b>m,p-Xylol</b>	2396	3,8	6155	5,0	38,4	86,5	72	16,0
<b>Butanon</b>	2285	18,9	5190	5,0	42,2	85,2	111	9,2
<b>Methylisobutylketon</b>	2433	56,5	1230	1,0	7,7	16,9	17	2,6
<b>Cyclohexanon</b>	2412	59,5	154	1,0	4,0	7,0	6	k.A.
<b>2-Propanol</b>	869	40,7	4000	15,0	74,2	130	134	k.A.
<b>1-Butanol</b>	2284	10,7	3422	11,0	45,7	73,9	78	17,6
<b>iso-Butanol</b>	1277	39,2	360	3,0	21,7	41,9	38	4,9
<b>Essigsäure</b>	376	11,4	430	29,5	110	150	160	k.A.
<b>1,2-PG</b>	1965	72,0	670	2,5	17,0	35,3	21	k.A.
<b>Ethandiol / Ethylenglykol</b>	586	97,4	51	5,0	10,0	10,0	10	k.A.
<b>Dipropylenglykol</b>	379	99,5	13	12,5	12,5	12,5	13	k.A.
<b>n-Butylacetat</b>	2371	18,9	16014	3,1	49,8	110	110	30,7
<b>Butanonoxim</b>	130	86,2	17	0,5	1,0	3,6	k.A.	k.A.
<b>D3</b>	1659	51,6	140	1,0	9,0	13,0	5,9	k.A.
<b>D4</b>	1728	42,0	567	1,5	9,8	18,9	16	k.A.
<b>D5</b>	1646	18,7	667	4,3	30,4	58,8	39	k.A.
<b>D6</b>	73	61,6	40	0,5	9,5	18,4	k.A.	k.A.

1,2-PG = 1,2-Propylenglykol

D3 = Hexamethylcyclotrisiloxan

D4 = Octamethylcyclotetrasiloxan

D5 = Decamethylcyclopentasiloxan

D6 = Dodecamethylcyclohexasiloxan

N = Stichprobenumfang,

%<BG = prozentualer Anteil der Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze

P = Perzentil

Max = Maximalwert

N-OW = Neubau-Orientierungswerte

k.A. = keine Angabe

Tabelle A4: Übersicht über die von Fugendichtmassen emittierten Substanzen und ihre Einstufung gemäß AgBB

Substanz / Stoffgruppe	CAS-Nr.	VVOC /VOC / SVOC	KMR-Einstufung	NIK-Wert in µg/m³	Sonstige Einstufungen	Bewertung nach AgBB
<b>Dichtstoffe allgemein</b>						
Methanol	67-56-1	VVOC				
Ethanol	64-17-5	VVOC			MAK III5, MAK IX5	
n-Propanol	71-23-8	VVOC				
2-Propanol	67-63-0	VVOC				
n-Butanol	71-36-3	VOC		3.100		über TVOC und R-Wert
Isobutanol	78-83-1	VOC		3.100		über TVOC und R-Wert
Tert. Butanol	75-65-0	VOC		620		über TVOC und R-Wert
Ethylacetat	141-78-6	VVOC			reizend	
n-Butylacetat	123-86-4	VOC		4.800		über TVOC und R-Wert
Alkane C6 bis C 8		VOC		15.000		über TVOC und R-Wert
Alkane C 9 bis C16		VOC		6.000		über TVOC und R-Wert
Aromaten		VOC				über TVOC und R-Wert
Olefine		VOC				über Summe ohne NIK
Alkane C17 bis C22		SVOC				über Summe SVOC
<b>Silikondichtmassen allgemein</b>						
D4	556-67-2	VOC	EU: Repr. Cat. 3	1.200		über TVOC und R-Wert
D5	541-02-6	VOC		1.500		über TVOC und R-Wert
D6	540-97-6	VOC		1.200		über TVOC und R-Wert
D7	107-50-6	VOC				über Summe ohne NIK
Weitere Siloxane		VOC / SVOC				über Summe ohne NIK und ggfs. Summe SVOC
<b>Sauer vernetzend, Acetat-Systeme</b>						
Essigsäure	64-19-7	VOC		500		über TVOC und R-Wert
<b>Neutral vernetzend, Oxim-Systeme</b>						

Substanz / Stoffgruppe	CAS-Nr.	VVOC /VOC / SVOC	KMR-Einstufung	NIK-Wert in µg/m <sup>3</sup>	Sonstige Einstufungen	Bewertung nach AgBB
<b>2-Butanonoxim Methylethylketoxim</b>	96-29-7	VOC	K 3, MAK II	20	sensibilisierend	über TVOC und R-Wert
<b>Methylisobutylketoxim</b>	105-44-2				gesundheitsschädlich, reizend	über Summe ohne NIK
<b>2-Butanon Ethylmethylketon</b>	78-93-3	VOC		6.000		über TVOC und R-Wert
<b>Methylisobutylketon</b>	108-10-1	VOC		830		über TVOC und R-Wert
<b>2-Ethylhexansäure</b>	149-57-5	VOC		50		über TVOC und R-Wert
<b>Neutral vernetzend, Alkoxy-Systeme</b>						
<b>Methanol</b>	67-56-1	VVOC				
<b>2-Methoxyethanol</b>	109-86-4	VOC	EU: Repr. Cat. 2 (R <sub>e</sub> 2)	16		über TVOC und R-Wert
<b>Alkalisch härtende Silikondichtmassen</b>						
<b>1-Aminbutan</b>	109-73-9	VOC			Ätzend, Geruch	über Summe ohne NIK
<b>sek. Butylamin</b>	13952-84-6	VOC			Ätzend, Geruch	über Summe ohne NIK
<b>Cyclohexylamin</b>	108-91-8	VOC			Ätzend, Geruch	über Summe ohne NIK
<b>PU-Dichtstoffe</b>						
<b>Benzylalkohol</b>	100-51-6			440		über TVOC und R-Wert
<b>Benzaldehyd</b>	100-52-7			90		über TVOC und R-Wert
<b>Isocyanate allgemein</b>			Mögliche K2		sensibilisierend	Kanzerogene Stoffe
<b>Xylole</b>	1330-20-7	VOC		2200		über TVOC und R-Wert
<b>Ethylbenzol</b>	100-41-4	VOC		4.400		über TVOC und R-Wert

Substanz / Stoffgruppe	CAS-Nr.	VVOC /VOC / SVOC	KMR-Einstufung	NIK-Wert in µg/m <sup>3</sup>	Sonstige Einstufungen	Bewertung nach AgBB
<b>Alkane C6 bis C 8</b>		VOC		15.000		über TVOC und R-Wert
<b>Alkane C 9 bis C16</b>		VOC		6.000		über TVOC und R-Wert
<b>Acryldichtmassen</b>						
<b>Ethandiol / Ethylenglykol</b>	107-21-1	VOC		260		über TVOC und R-Wert
<b>Dipropylenglykol</b>	110-98-5	VOC		670		über TVOC und R-Wert
<b>Butyldiglykol-acetat / DEGMBA</b>	124-17-4	VOC		850		über TVOC und R-Wert
<b>Propylenglykol / 1,2-PG</b>	57-55-6	VOC		320		über TVOC und R-Wert
<b>Dibutylether</b>	142-96-1	VOC				über Summe ohne NIK
<b>Methylacrylat</b>	96-33-3	VOC		180		über TVOC und R-Wert
<b>Ethylacrylat</b>	140-88-5	VOC		210		über TVOC und R-Wert
<b>n-Butylacrylat</b>	141-32-2	VOC		110		über TVOC und R-Wert
<b>2-Methyl-4-isothiazolin-3-on</b>	2682-20-4	VOC		100		über TVOC und R-Wert
<b>Sonstige Inhaltsstoffe, Konservierungsstoffe, Verunreinigungen, Weichmacher usw.</b>						
<b>Formaldehyd</b>	50-00-0	VVOC	K 2		sensibilisierend	
<b>2-Methyl-4-isothiazolin-3-on (MIT)</b>	2682-20-4	VOC		100		
<b>Benzol</b>	71-43-2	VOC	K 1			Kanzerogene Stoffe
<b>Chloropren</b>	126-99-8	VOC	EU Cat. 2			Kanzerogene Stoffe
<b>Dihexyladipat</b>	110-33-8	SVOC				
<b>Didecylphthalat</b>	84-77-5	SVOC				
<b>DIBP</b>	84-69-5	SVOC				über Summe SVOC
<b>DMP</b>	131-11-3	VOC				über Summe ohne NIK
<b>DOP</b>	117-84-0	SVOC				
<b>DEHT</b>	6422-86-	SVOC				

Substanz / Stoffgruppe	CAS-Nr.	VVOC /VOC / SVOC	KMR-Einstufung	NIK-Wert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Sonstige Einstufungen	Bewertung nach AgBB
	2					
<b>Diisononyl-phthalat</b>	28553-12-0	SVOC				
<b>Mittelkettige Chlorparaffine</b>		SVOC	MAK IIIB			
<b>Limonen</b>	138-86-3	VOC		1.500	sensibilisierend	über TVOC und R-Wert
<b>Triacetin</b>	102-76-1	VOC				über Summe ohne NIK
<b>BHT</b>	128-37-0	VOC		100		über TVOC und R-Wert
<b>Anilin</b>	62-53-3	VOC				über Summe ohne NIK
<b>Aceton</b>	67-64-1	VVOC				
<b>Styrol</b>	100-42-5	VOC	MAK III5	860	BgVV: C	über TVOC und R-Wert
<b>Primer</b>						
<b>Toluol</b>	108-88-3	VOC		1.900	R 3	über TVOC und R-Wert