

## **Vorgehensweise bei der gesundheitlichen Bewertung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC und SVOC) aus Bauprodukten**

### **1. Einleitung**

Die Gesundheit und das Wohlbefinden des Menschen beim Aufenthalt in Innenräumen von Gebäuden wird einerseits durch die herrschenden raumklimatischen Bedingungen (vor allem Temperatur und relative Luftfeuchte) andererseits aber auch durch mögliche Verunreinigungen der Innenraumluft beeinflusst. Solche Verunreinigungen können aus einer Vielzahl von Quellen stammen. Unter ihnen spielen Bauprodukte vor allem deshalb eine wesentliche Rolle, weil ihre Auswahl häufig nicht im Ermessen der Raumnutzer liegt und weil viele von ihnen großflächig in den Raum eingebracht werden.

Für die Verwendung von Bauprodukten gelten in Deutschland die Bestimmungen der Landesbauordnungen. Danach sind bauliche Anlagen so zu errichten und instandzuhalten, dass „Leben, Gesundheit oder die natürlichen Lebensgrundlagen nicht gefährdet werden“ (§ 3 Musterbauordnung, MBO). Bauprodukte, mit denen Gebäude errichtet oder die in solche eingebaut werden, haben diese Anforderungen insbesondere in der Weise zu erfüllen, dass „durch chemische, physikalische oder biologische Einflüsse Gefahren oder unzumutbare Belästigungen nicht entstehen“ (§16 MBO).

Auch in der Europäischen Union wurde der Bedeutung der Bauprodukte durch die europäische Bauprodukten-Richtlinie Rechnung getragen, die 1989 in Kraft trat (Rat der Europäischen Gemeinschaften, 1989). Während ihr hauptsächliches Anliegen die Beseitigung von Handelshemmnissen ist, enthält sie auch - zumindest in allgemeiner Form - Vorschriften, die gesundheitliche Belange berücksichtigen. Die europäische Bauprodukten-Richtlinie wurde 1992 durch das Bauproduktengesetz<sup>1</sup> und die Novellen der Landesbauordnungen in nationales Recht umgesetzt.

---

<sup>1</sup> BauPG1992: Gesetz über das Inverkehrbringen von und den freien Warenverkehr mit Bauprodukten zur Umsetzung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates vom 21. Dezember 1988 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedsstaaten über Bauprodukte (Bauproduktengesetz – BauPG). Bundesgesetzblatt I, Nr. 39 vom 14.8.92, 1495-1501; Novellierung 1998: Bekanntmachung der Neufassung des Bauproduktengesetzes vom 28. April 1998. Bundesgesetzblatt I, Nr. 25 vom 8.5.98, 812-819.

Ein erklärtes Ziel der Landesbauordnungen und der EG-Bauprodukten-Richtlinie ist es demnach, die Gesundheit von Gebäudenutzern zu schützen. Eine Konkretisierung dieser Anforderungen findet sich in dem von der Europäischen Kommission erarbeiteten Grundlagendokument 3, in dem die Vermeidung und Begrenzung von Schadstoffen in Innenräumen, z.B. von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC), explizit genannt werden (EC, 1994). Auch der vom Koordinierungsausschuss 03 des Normenausschusses Bauwesen erarbeitete „Leitfaden zur Beurteilung von Bauprodukten unter Gesundheitsaspekten“ dient dieser Konkretisierung. Gleichwohl fehlen noch verbindliche und differenzierte Bewertungsvorschriften für eine praktische Umsetzung der gesundheitsbezogenen Anforderungen der Bauprodukten-Richtlinie.

Unbestritten ist, **dass** die Gesundheit von Gebäudenutzern geschützt werden muss, unklar ist aber noch, **wie** dieser Schutz im einzelnen erreicht werden kann. Zwar gibt es in einer Reihe von europäischen Ländern, darunter auch in Deutschland, von Seiten verschiedener Hersteller und Verbände den Versuch, dem Anwender und Verbraucher mit Hilfe von Gütesiegeln Informationen über die Qualität von Bauprodukten zukommen zu lassen, eine offiziell anerkannte Vorgehensweise zur Bewertung von Bauprodukten aus gesundheitlicher Sicht fehlt jedoch bislang noch in vielen Fällen.

Auch nationale und internationale Gremien, insbesondere die European Collaborative Action (ECA) "Indoor Air Quality and its Impact on Man", haben sich speziell mit den Fragen der Bewertung von VOC-Emissionen aus Bauprodukten bereits beschäftigt. In der ECA sind Experten aus den Ländern der Europäischen Union sowie der Schweiz und Norwegen tätig, die das in Europa verfügbare Fachwissen zu den verschiedensten innenraumrelevanten Themen aufarbeiten und in Berichten zusammenfassen, die so konkrete Angaben enthalten, dass sie als "pränormativ" bezeichnet werden können. Hierzu veröffentlichte die ECA den Bericht Nr. 18 "Evaluation of VOC Emissions from Building Products", in dem als Beispiel ein Bewertungsschema für Emissionen aus Fußbodenbelägen angegeben ist (ECA, 1997a).

Der Ausschuss für die gesundheitliche Bewertung von Bauprodukten (AgBB) sieht es als eine seiner wichtigsten Aufgaben an, die Grundlagen für eine einheitliche Bewertung von Bauprodukten in Deutschland bereitzustellen, damit einerseits die Forderungen erfüllt werden, die sich aus den Landesbauordnungen und der Bauprodukten-Richtlinie ergeben, und andererseits eine nachvollziehbare und objektivierbare Produktbewertung möglich ist.

Der Ausschuss legt im Folgenden ein Schema zur Vorgehensweise bei der gesundheitlichen Bewertung der VOC-Emissionen aus Bauprodukten, die in Innenräumen von Gebäuden verwendet werden, vor. Flüchtige organische Verbindungen nach diesem Schema umfassen Verbindungen im Retentionsbereich  $C_6$  bis  $C_{16}$ , die als Einzelstoffe und im Rahmen des TVOC-Konzeptes (TVOC = Total Volatile Organic Compounds) als Summenparameter betrachtet werden, und schwerflüchtige organische Verbindungen (SVOC) im Retentionsbereich oberhalb von  $C_{16}$  bis  $C_{22}$ .

Das Schema wurde nach einer ersten Veröffentlichung (AgBB 2000) intensiv mit Vertretern von Herstellerfirmen und der weiteren Fachöffentlichkeit diskutiert und in Teilen modifiziert. Der Ausschuss geht davon aus, dass bei Einhaltung der im Schema vorgegebenen Prüfwerte die Mindestanforderungen der Bauordnungen zum Schutz der Gesundheit im Hinblick auf VOC-Emissionen erfüllt werden. Gleichwohl werden Initiativen der Hersteller, emissionsärmere Produkte herzustellen, unterstützt. Hersteller können deshalb bessere Leistungsparameter ihrer Produkte (VOC-Emissionen) deklarieren.

Der Ausschuss wird nach einer Einführungsphase von 2 Jahren die Erfahrungen der Arbeit mit dem Schema auswerten und in geeigneter Weise berichten.

## **2. Gesundheitliche Bewertung von VOC-Emissionen aus Bauprodukten**

Die Literatur über die Wirkung von Innenraumluchtverunreinigungen ist umfangreich (vgl. z.B. ECA, 1991b; Maroni et al., 1995). Die Wirkungen von flüchtigen organischen Verbindungen können von Geruchsempfindungen und Reizwirkungen auf die Schleimhäute von Augen, Nase und Rachen über Wirkungen auf das Nervensystem bis hin zu Langzeitwirkungen reichen. Hierzu zählen Stoffe mit allergisierenden oder allergieverstärkenden Eigenschaften und insbesondere mit cancerogener, mutagener oder reproduktionstoxischer Potenz.

Zur toxikologischen Bewertung von Stoffen aus Bauprodukten können die bereits verfügbaren Informationen herangezogen werden, die im günstigsten Fall Kenntnisse über Dosis-Wirkungs-Beziehungen enthalten. Daraus lassen sich Konzentrationsniveaus ermitteln, unterhalb derer keine nachteiligen Wirkungen zu befürchten sind.

Das umfangreichste Bewertungssystem existiert für den Arbeitsplatz in Form der Maximalen Arbeitsplatz-Konzentrationen (MAK-Werte). An Arbeitsplätzen mit betriebsbedingtem Umgang mit Gefahrstoffen liegen allerdings im allgemeinen sehr viel höhere Stoffkonzentrationen vor. Andererseits sind im Verhältnis zum Innenraum kürzere Expositionszeiten zu Grunde gelegt. Dies muss bei der Übertragung in den bewohnten Innenraum mit entsprechenden Faktoren berücksichtigt werden (ECA 1997a).

Die hierauf basierende Vorgehensweise zur Ableitung von Hilfsgrößen zur Bewertung von Bauprodukten, den sogenannten NIK-Werten (Niedrigste interessierende Konzentrationen) wird im Vorwort der NIK-Werte-Liste im Anhang detailliert beschrieben.

Die bisher genannten Beurteilungsmaßstäbe basieren auf Einzelstoffbetrachtungen, obwohl die Bewohner von Gebäuden immer einer Vielzahl von Substanzen ausgesetzt sind. Dies wird mit Hilfe der Summenkonzentration der flüchtigen organischen Verbindungen (TVOC) berücksichtigt (Seifert, 1999; ISO 16000 /6 Entwurf Nov 2000). Es sei an dieser Stelle betont, dass ein TVOC-Richtwert aufgrund der schwankenden Zusammensetzung des in der Innenraumluft auftretenden Substanzgemisches keine konkrete toxikologische Basis haben kann. Die Erfahrung zeigt aber, dass mit steigender TVOC-Konzentration die Wahrscheinlichkeit für Beschwerdereaktionen und nachteilige gesundheitliche Auswirkungen zunimmt (ECA, 1997b).

## **3. Sensorische Aspekte**

Da VOC-Emissionen häufig mit Geruchsempfindungen einhergehen, ist die sensorische Prüfung ein wichtiges Element bei der Bewertung von Bauprodukten. Allerdings kann dieser Aspekt hier bislang noch nicht in die tatsächliche Bewertung eingebracht werden. Anders als bei der chemischen Analyse bestehen noch verschiedene Auffassungen hinsichtlich einer optimalen Erfassung der geruchlichen Wahrnehmungen. Der derzeitige Stand der Erkenntnisse über Geruchsmessungen in der Innenraumluft wurde in umfassenden Berichten zusammengestellt (Fischer et al., 1998; ECA, 1999).

## 4. Erfassung und Bewertung von VOC-Emissionen aus Bauprodukten

### 4.1 Prüfkammertests zur Ermittlung von VOC-Emissionen

Zur Feststellung der Emissionen von Bauprodukten sind Untersuchungen in Prüfkammern geeignet. Wichtige Einflussgrößen sind dabei einerseits Temperatur, Luftwechsel, relative Feuchte und Luftgeschwindigkeit in der Prüfkammer und andererseits Menge oder Fläche des Materials in der Kammer und Art der Vorbereitung des Prüfgutes. Der Einfluss dieser und weiterer Parameter wurde in internationalen Ringversuchen deutlich (ECA, 1993; ECA, 1995). Auf der Grundlage der Ergebnisse dieser Ringversuche und einer zuvor veröffentlichten Vorgehensweise (ECA, 1991a) wurde eine europäische Norm ENV 13419 Teil 1 – 3 zur Ermittlung der Emissionen von Bauprodukten veröffentlicht (DIN V ENV 13419, 1999). Die Teile 1 und 2 beschreiben die Arbeitsweise bei Verwendung einer Prüfkammer bzw. einer Prüfwelle. In Teil 3 werden die Probenahme, Lagerung der Proben und die Vorbereitung der Prüfstücke beschrieben.

### 4.2 Expositionsszenarien

Für die Ableitung und sinnvolle Anwendung eines Bewertungsschemas müssen eine Reihe von Randbedingungen angenommen werden, um die aus Prüfkammertests erhaltenen Ergebnisse mit realen Raumluftsituationen verknüpfen zu können. Am wichtigsten sind dabei Überlegungen zu einem Szenario, welche Exposition unter Praxisbedingungen zu erwarten ist.

Nach der Gleichung 1 hängt für einen Flächenemittenten die Raumlufkonzentration  $C$  von der flächenspezifischen Emissionsrate  $E_{fl}$  [ $\mu\text{g}/\text{m}^2 \times \text{h}$ ] des Produktes, dem Luftwechsel  $n$  [ $\text{h}^{-1}$ ] im betrachteten Raum und dem Verhältnis von eingesetzter Produktfläche  $F$  [ $\text{m}^2$ ] und Rauminvolumen  $V$  [ $\text{m}^3$ ] ab. Die Größen  $n$ ,  $F$  und  $V$  können zu einer neuen Größe  $q$  [ $\text{m}^3/\text{h} \times \text{m}^2$ ] zusammengefasst werden, die als flächenspezifische Lüftungsrate bezeichnet wird.

$$C = \frac{E_{fl} \times F}{n \times V} = E_{fl} / q \quad [\mu\text{g}/\text{m}^3] \quad (1)$$

Nach DIN 1946-6 (1994) liegt für Wohnräume der Außenluftstrom pro Quadratmeter, d.h. die flächenspezifische Lüftungsrate, je nach gegebener Wohnfläche etwa zwischen 1 und 1,5  $\text{m}^3/\text{h} \times \text{m}^2$ . Stützt man sich zur Sicherheit auf das obere Ende dieses Bereiches, so ergibt dies unter Verwendung von Gleichung 1 für einen Raum mit einer Höhe von 2,7 m und einer Grundfläche von 3 m x 4 m eine Luftwechselzahl von rund 0,5  $\text{h}^{-1}$ . Dieser Wert entspricht etwa demjenigen, der im Mittel in der Praxis angetroffen wird. Wählt man also für den Prüfkammertest, z.B. von bodenbedeckenden Materialien, diese Bedingungen, so entspricht die in der Prüfkammer gemessene Stoffkonzentration weitgehend der in einem solchen Raum zu erwartenden. Dabei sind allerdings Unterschiede nicht berücksichtigt, die durch mögliche Sorptionseffekte auftreten können.

### 4.3 Schema zur Bewertung der flüchtigen organischen Substanzen

Zur gesundheitlichen Bewertung durchläuft das Produkt eine Reihe von Tests, die in dem in Abb. 1 dargestellten Ablaufschema festgelegt sind. Das Ablaufschema geht von einem Produkt aus, das luftdicht verpackt vorliegt. Als Versuchsbeginn ( $t_0$ ) wird der Zeitpunkt definiert, an dem das zu prüfende Produkt aus der Verpackung genommen und in die Prüfkammer oder -Zelle gelegt wird. Das Produkt verbleibt über die gesamte Prüfzeit in der Prüfkammer/Zelle. Für manche Produktgruppen ist es notwendig, spezielle Prüfbedingungen zu definieren. Diese produktgruppenspezifischen Anforderungen werden gesondert festgelegt.

Für die in der Prüfkammer zu bestimmenden Emissionen gelten in Anlehnung an die ISO 16000-6 folgende Definitionen:

VOC: alle Einzelstoffe mit Konzentrationen über  $0,002 \text{ mg/m}^3$  im Retentionsbereich  $C_6 - C_{16}$

TVOC: Summe aller Einzelstoffe im Retentionsbereich  $C_6 - C_{16}$

SVOC: alle Einzelstoffe über  $0,002 \text{ mg/m}^3$  im Retentionsbereich  $>C_{16} - C_{22}$

Summe SVOC: Summe aller Einzelstoffe über  $0,002 \text{ mg/m}^3$  im Retentionsbereich  $>C_{16} - C_{22}$

Für die Zuordnung der Einzelstoffe zu den Retentionsbereichen  $C_6-C_{16}$  und  $C_{16}-C_{22}$  ist die Analytik auf einer unpolaren Säule zugrunde zu legen.

Zum Ablaufschema in Abb.1 werden die folgenden Erläuterungen gegeben:

#### 4.3.1 Messung und Prüfung nach 3 Tagen:

Die geforderte Untersuchung der Kammerluft kann bei entsprechender Planung gleichzeitig der Ermittlung der VOC und des TVOC-Wertes nach dem bei Seifert (1999) und ISO 16000 /6 (Entwurf Nov. 2000) angegebenen Verfahren dienen.

- TVOC<sub>3</sub>

Ein Produkt erfüllt die Kriterien, wenn der TVOC-Wert nach 3 Tagen ( $\text{TVOC}_3$ )  $\leq 10 \text{ mg/m}^3$  liegt.

- Cancerogene Stoffe

Die generelle Anforderung an jedes Bauprodukt ist, dass es praktisch keine cancerogenen, mutagenen oder reproduktionstoxischen Stoffe emittieren soll. Eine Abgabe cancerogener Stoffe wird erstmalig an dieser Stelle des Ablaufschemas untersucht. Stoffe mit mutagenen oder reproduktionstoxischen Eigenschaften sowie Stoffe mit möglicher cancerogener Wirkung (EU-Klasse 3) werden im Rahmen des NIK-Konzepts (siehe Anhang) geprüft.

Die Summe aller nach 3 Tagen detektierten Cancerogene (der EU-Klasse 1 und 2) darf  $10 \mu\text{g/m}^3$  ( $0,01 \text{ mg/m}^3$ ) nicht übersteigen.

- Erste sensorische Prüfung

Für eine Prüfung der ebenfalls bedeutsamen sensorischen Eigenschaften müssen genauere Details noch abgestimmt werden, bevor an dieser Stelle des Ablaufschemas eine erste sensorische Prüfung durchgeführt werden kann. Bis zur Festlegung des Testverfahrens wird hier nur mittels Platzhalter auf diese Notwendigkeit hingewiesen.

#### 4.3.2 Messung und Prüfung nach 28 Tagen:

- TVOC<sub>28</sub>

Um das Langzeitverhalten der VOC-Emissionen eines Bauproduktes bewerten zu können, wird der TVOC-Wert nach 28 Tagen erneut bestimmt. Diese Bestimmung wird in Analogie zur Ermittlung des TVOC-Wertes nach 3 Tagen durchgeführt. Bei der Berechnung des TVOC<sub>28</sub>-Wertes ist – entgegen den Angaben der ISO 16000 /6 – ein möglichst hoher Identifizierungsgrad anzustreben, um eine Einzelstoffbewertung zu ermöglichen.

Ein Produkt erfüllt die Kriterien, wenn hier ein TVOC<sub>28</sub>-Wert von  $\leq 1 \text{ mg/m}^3$  festgestellt wird. Bei einem höheren TVOC-Wert wird das Produkt abgelehnt.

- Schwerflüchtige organische Verbindungen (SVOC)

Produkte, die zwar die vorgegebenen Kriterien hinsichtlich der Emissionen von VOC einhalten, dafür aber verstärkt Emissionen von SVOC aufweisen, sollen nicht begünstigt werden. Um dies zu verhindern, muss zusätzlich auch die SVOC-Konzentration in der Kammerluft berücksichtigt werden.<sup>2</sup>

Ein Produkt erfüllt die Kriterien, wenn die Summe der SVOC in der Kammerluft eine Konzentration von  $0,1 \text{ mg/m}^3$  nicht überschreitet. Dies entspricht einem zusätzlichen Anteil von 10 % zur maximal zulässigen TVOC<sub>28</sub>-Konzentration von  $1 \text{ mg/m}^3$ . Höhere Konzentrationen führen zur Ablehnung.

- Cancerogene Stoffe

Es findet eine erneute Überprüfung der Abgabe von cancerogenen Stoffen (EU-Kategorie 1 und 2) statt, jetzt aber unter dem Gesichtspunkt der langfristigen Bedeutung für den Raumnutzer. Die Summe aller detektierten Cancerogene darf einen Wert von  $1 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  (entsprechend  $0,001 \text{ mg/m}^3$ ) nicht übersteigen. Höhere Konzentrationen führen zur Ablehnung.

- Zweite sensorische Prüfung

Bis zur Festlegung des Testverfahrens wird hier nur mittels Platzhalter auf die Notwendigkeit hingewiesen, nach 28 Tagen eine zweite sensorische Prüfung durchzuführen, da chemische Reaktionen innerhalb des Produktes auftreten können, die zu Geruchs- oder anderen sensorischen Wahrnehmungen führen.

- Einzelstoffbewertung

Neben der Bewertung der Emissionen eines Produktes über den Summenwert TVOC ist die Bewertung von einzelnen VOC erforderlich. Hierzu werden in der Analyse der Kammerluft zunächst alle Verbindungen identifiziert und quantifiziert, deren Konzentration  $2 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  erreicht oder übersteigt:

a) VOC mit Bewertungsmaßstäben nach NIK

Für eine Vielzahl von innenraumrelevanten VOC sind im Anhang als gesundheitsbezogene Hilfsgrößen sogenannte NIK-Werte (Niedrigste interessierende Konzentrationen) gelistet. Im Vorwort zur NIK-Werte-Liste sind die Details ihrer Ableitung dokumentiert.

---

<sup>2</sup> Emissionen schwerflüchtiger organischer Verbindungen mit einer Retentionszeit  $>C_{16}$  (Hexadecan) können bei Kammer- oder Zellenmessungen über 28 Tage mit heutigen modernen Analysengeräten bis zu einer dem Dokosan (C<sub>22</sub>-Alkan, Siedepunkt  $369 \text{ }^\circ\text{C}$ ) vergleichbaren Flüchtigkeit quantitativ bestimmt werden. Für noch schwerer flüchtige organische Verbindungen werden nach dem derzeitigen Kenntnisstand mit der Methode der Tenax-Probenahme und anschließender Thermodesorption bei Kammermessungen zunehmend Schwierigkeiten auftreten.

Für die routinemäßige Anwendung anderer Probenahme- und Analysenverfahren in Verbindung mit Kammer- oder Zellenmessungen liegen zur Zeit nicht ausreichende Erfahrungen vor. Es ist jedoch zu erwarten, dass mit fortschreitender Entwicklung der Emissionsmessmethoden auch noch schwerer flüchtige organische Verbindungen einbezogen werden können.

Stoffe, deren Konzentration  $\geq 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  beträgt, gehen in die Bewertung nach NIK ein<sup>3</sup>. Das Niveau von  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ist analytisch ohne Probleme zu erreichen.

Zur Bewertung wird für jede Verbindung  $i$  das in Gleichung 2 definierte Verhältnis  $R_i$  gebildet.

$$R_i = C_i / \text{NIK}_i \quad (2)$$

Hierin ist  $C_i$  die Stoffkonzentration in der Kammerluft. Es wird angenommen, dass keine Wirkung auftritt, wenn  $R_i$  den Wert 1 unterschreitet. Werden mehrere Verbindungen mit Konzentrationen  $>5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  festgestellt, so wird Additivität der Wirkungen angenommen und festgelegt, dass  $R$ , also die Summe aller  $R_i$ , den Wert 1 nicht überschreiten darf.

$$R = \text{Summe aller } R_i = \text{Summe aller Quotienten } (C_i / \text{NIK}_i) \leq 1 \quad (3)$$

Wenn diese Bedingung nicht erfüllt ist, wird das Produkt abgelehnt.

#### b) VOC ohne Bewertungsmaßstäbe nach NIK

Um zu vermeiden, dass ein Produkt positiv bewertet wird, obwohl es größere Mengen an nicht bewertbaren VOC emittiert, wird für VOC, die nicht identifizierbar sind oder keinen NIK Wert haben, eine Mengengrenzung festgelegt, die für die Summe solcher Stoffe 10 % des zulässigen TVOC-Wertes ausmacht. Ein Produkt erfüllt die Kriterien, wenn die Summe solcher VOC nicht  $0,1 \text{ mg}/\text{m}^3$  übersteigt. Höhere Werte führen zur Ablehnung

## 4.4 Schlussaussage

Ein Bauprodukt, welches die im Ablaufschema (vgl. Abb. 1) geforderten Bedingungen erfüllt, ist für die Verwendung in Innenräumen von Gebäuden geeignet.

## 5. Literatur

Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB) (Okt. 2000): Vorgehensweise bei der gesundheitlichen Bewertung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) aus Bauprodukten. DIBt-Mitteilungen 1/2001, 3-12

DIN (Deutsches Institut für Normung) (1994): Raumluftechnik, Teil 6: Lüftung von Wohnungen, Anforderungen, Ausführung, Abnahme (VDI-Lüftungsregeln). DIN 1946-6. Deutsches Institut für Normung, Berlin, Sept. 1994.

DIN (Deutsches Institut für Normung) (1999): Bauprodukte - Bestimmung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC). Teil 1: Emissionsprüfkammer-Verfahren – Vornorm DIN V ENV 13419-1; Teil 2: Emissionprüfzellen-Verfahren – Vornorm DIN V ENV

---

<sup>3</sup>Im AgBB-Schema wird bei der Berechnung der VOC- und SVOC-Summen und zur Bewertung von Cancerogenen eine einheitliche Nachweisgrenze für Einzelstoffe von  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  zugrunde gelegt, um das Emissionsspektrum qualitativ und quantitativ möglichst vollständig zu erfassen und um cancerogene Einzelstoffe möglichst sicher abzulehnen. Innerhalb des NIK-Konzeptes werden Einzelstoffe erst ab einer Konzentration von  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  berücksichtigt. Niedrigere Konzentrationen in Kombination mit sehr kleinen NIK-Werten um  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  können aufgrund analytischer Messunsicherheiten zu unzuverlässig hohen und ggfs. „falschen“ R-Werten und damit zu unbegründeten Produktablehnungen führen.

Die  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -Schwelle wird andererseits noch als ausreichend angesehen, um bedenkliche Produkte aufgrund erhöhter Emissionen kritischer Substanzen sicher auszuschließen.

13419-2; Teil 3: Verfahren zur Probenahme, Lagerung der Proben und Vorbereitung der Prüfstücke. Vornorm DIN V ENV 13419-3. Deutsches Institut für Normung, Berlin, Okt. 1999.

EC (European Commission) (1994): Mitteilung der Kommission über die Grundlegendokumente. Amtsblatt EG, C 62/1 vom 28.2.1994.

ECA (1991a) (European Collaborative Action "Indoor Air Quality and its Impact on Man"): Guideline for the Characterisation of Volatile Organic Compounds Emitted from Indoor Materials and Products Using Small Test Chambers. Report No. 8, EUR 1593 EN, European Commission, Joint Research Centre, Environment Institute.

ECA (1991b) (European Collaborative Action "Indoor Air Quality and its Impact on Man"): Effects of Indoor Air Pollution on Human Health. Report No. 10, EUR 14086 EN, European Commission, Joint Research Centre, Environment Institute.

ECA (1993) (European Collaborative Action "Indoor Air Quality and its Impact on Man"): Determination of VOCs emitted from indoor materials and products - Interlaboratory comparison of small chamber measurements. Report No. 13, EUR 15054 EN, European Commission, Joint Research Centre, Environment Institute.

ECA (1995) (European Collaborative Action "Indoor Air Quality and its Impact on Man"): Determination of VOCs emitted from indoor materials and products – Second interlaboratory comparison of small chamber measurements. Report No. 16, EUR 16284 EN, European Commission, Joint Research Centre, Environment Institute.

ECA (1997a) (European Collaborative Action "Indoor Air Quality and its Impact on Man"): Evaluation of VOC Emissions from Building Products – Solid Flooring Materials. Report No. 18, EUR 17334 EN, European Commission, Joint Research Centre, Environment Institute.

ECA (1997b) (European Collaborative Action "Indoor Air Quality and its Impact on Man"): Total Volatile Organic Compounds (TVOC) in Indoor Air Quality Investigations. Report No. 19, EUR 17675 EN, European Commission, Joint Research Centre, Environment Institute.

ECA (1999) (European Collaborative Action "Indoor Air Quality and its Impact on Man"): Sensory Evaluation of Indoor Air Quality. Report No. 20, EUR 18676 EN, European Commission, Joint Research Centre, Environment Institute.

Fischer, J., Englert, N., Seifert, B. (1998): Luftverunreinigungen und geruchliche Wahrnehmungen unter besonderer Berücksichtigung von Innenräumen. WaBoLu-Hefte 1/1998. Umweltbundesamt, Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Berlin. 110 S. ISSN 0175-4211.

ISO/DIS 16000-6 (Entwurf Stand Nov. 2000): Innenraumluftverunreinigungen – Teil 6: Bestimmung von VOC in der Innenraumluft und in Prüfkammern; Probenahme auf Tenax TA, thermische Desorption und Gaschromatographie/MSD bzw. FID

Maroni, M., Seifert, B. und Lindvall, T. (1995) Eds: Indoor Air Quality, a Comprehensive Reference Book; Air Quality Monographs – Vol 3; Elsevier Amsterdam 1995

Rat der Europäischen Gemeinschaften (1989): Richtlinie des Rates vom 21. Dezember 1988 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedsstaaten über Bauprodukte (89/106/EWG). Amtsblatt der EG Nr. L 40/12-26.

Seifert, B. (1999): Richtwerte für die Innenraumluft: TVOC. Bundesgesundheitsblatt 42 (3), 270-278.



**Abb. 1: SCHEMA ZUR GESUNDHEITLICHEN BEWERTUNG VON VOC\*- und SVOC\*-EMISSIONEN AUS BAUPRODUKTEN**



gültig für **EINFÜHRUNGSPHASE 2002-2004**

1. Messung nach 3 Tagen

Prüfung auf:

TVOC<sub>3</sub> ≤ 10 mg/m<sup>3</sup>? nein → **Ablehnung**

ja

Ist die Summe aller detektierten Cancerogene ≤ 0,01 mg/m<sup>3</sup>? nein → **Ablehnung**

ja

2. Messung nach 28 Tagen

TVOC<sub>28</sub> ≤ 1 mg/m<sup>3</sup>? nein → **Ablehnung**

ja

Σ SVOC<sub>28</sub> ≤ 0,1 mg/m<sup>3</sup>? nein → **Ablehnung**

ja

Ist die Summe aller detektierten Cancerogene ≤ 0,001 mg/m<sup>3</sup>? nein → **Ablehnung**

ja

**Bewertbare Stoffe:**  
 Gilt bei Betrachtung aller VOC mit einer Konz. > 0,005 mg/m<sup>3</sup>  
 $R = \sum C_i / NIK_i^{**} \leq 1$ ? nein → **Ablehnung**

ja

**Nicht bewertbare Stoffe:**  
 Ist die Summe der VOC, für die kein NIK<sup>\*\*</sup> existiert:

Σ VOC<sub>28</sub><sup>ohne NIK</sup> < 0,1 mg/m<sup>3</sup> nein → **Ablehnung**

ja

**Das Produkt ist für die Verwendung in Innenräumen geeignet**

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

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

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

## **6. Anhang**

### **Aufstellung von NIK-Werten**

#### **1. Grundsätze**

Flüchtige organische Verbindungen (VOC und SVOC) gehören zu den nach Vorkommen und Wirkung bedeutungsvollsten Verunreinigungen der Innenraumluft. Bauprodukte sind wesentliche Quellen von VOC und SVOC in Innenräumen. Um brauchbar im Sinne des Baurechts zu sein, müssen Bauprodukte neben technischen Kriterien auch gesundheitsbezogenen Anforderungen hinsichtlich ihrer VOC/SVOC-Emissionen genügen. Dies bedeutet, dass ihre Emissionen (technisch: produkt- und stoffspezifische Emissionsfaktoren in  $\mu\text{g}/\text{m}^2 \text{ h}$ ) soweit begrenzt werden müssen, dass die in der Raumluft resultierenden Immissionen auch unter ungünstigen, aber noch realistischen Annahmen bzgl. Beladung, Luftwechsel und Raumklima, die Gesundheit empfindlicher Personen bei Daueraufenthalt nicht gefährden. Für die gesundheitsbezogene Qualitätsbewertung der Emissionen von Bauprodukten wird hier die Vorgehensweise zur Bildung von stoffspezifischen Rechenwerten, den sogenannten NIK-Werten (Niedrigste interessierende Konzentrationen NIK, analog zum englischen LCI Lowest Concentration of Interest) vorgestellt.

Viele Stoffe sind als Gas, Dampf oder Schwebstaub in der Luft am Arbeitsplatz durch gesetzlich verbindliche Maximale Arbeitsplatz-Konzentrationen (MAK-Werte) soweit begrenzt, dass nach dem gegenwärtigen Stand der Kenntnis auch bei wiederholter und langfristiger, in der Regel 8stündiger täglicher Exposition, jedoch bei Einhaltung einer durchschnittlichen Wochenarbeitszeit von 40 Stunden im allgemeinen die Gesundheit der Beschäftigten nicht beeinträchtigt wird und dass sie nicht unangemessen belästigt werden. Die laufend aktualisierten MAK-Werte sind in einer amtlichen Liste (TRGS 900, 2002) veröffentlicht, ihre Einhaltung wird messtechnisch überwacht. Bei der Herleitung von NIK-Werten orientiert sich eine Arbeitsgruppe des AgBB - erweitert um Fachleute der Herstellerseite - nach Vorschlag einer internationalen Expertengruppe (ECA, 1997) an existierenden MAK-Werten. Dabei werden folgende grundsätzliche Unterschiede zwischen den Bedingungen in allgemeinen Innenräumen (Wohnungen, Kindergärten, Schulen) und Arbeitsplätzen beachtet:

- Dauorexposition gegenüber einer wechselnden und regelmäßig unterbrochenen Arbeitsplatzbelastung.
- Existenz von Risikogruppen, die am Arbeitsplatz entweder gar nicht vorkommen (Kinder, alte Menschen) oder arbeitsmedizinisch besonders geschützt werden (Schwangere, Allergiker),
- fehlende messtechnische und medizinische Überwachung, prinzipiell undefinierte Gesamtexposition in Innenräumen.

Aus sachlichen wie rechtlichen Gründen können die einzelnen NIK-Werte nur als Rechenwerte zur Bauproduktbewertung bzw. zur Bauproduktzulassung und nicht als raumlufthygienische Grenzwerte für Einzelstoffe herangezogen werden. Im Hinblick auf das von Bauprodukten in Innenräumen erzeugte Vielstoffgemisch sind die NIK-Werte jedoch in ihrer Gesamtheit auf Grund ihrer Herleitung die adäquate Konkretisierung der zur Abwehr von Gesundheitsgefahren durch VOC/SVOC-Gemische baurechtlich geforderten Kriterien.

#### **2. Vorgehensweise**

Da nicht für alle aus Bauprodukten emittierten VOC/SVOC entsprechende Werte in der TRGS 900 enthalten sind, wird über diese Vorschrift hinaus auf vergleichbare (Arbeitsplatz)-Werte nach einem abgestuften Verfahren zurückgegriffen, das für jeden Einzelstoff die der-

zeit maximal erreichbare Evidenz der toxikologischen Begründung berücksichtigt und somit möglichst viele Stoffe beurteilbar macht. Stoffe, die auch so nicht bewertbar sind, bleiben im Rahmen des AgBB-Schemas einer strengen Summenbegrenzung unterworfen. Die Auswahlkriterien sind:

- I.) Zunächst wird für den Einzelstoff geprüft, ob dieser über die TRGS 900 und/oder über einen OEL (Occupational Exposure Limit)-Wert der Europäischen Kommission bewertet ist. Ist dieses der Fall, wird der niedrigste Wert zur Ableitung herangezogen.
- II.) Ist die unter Punkt I. genannte Bedingung nicht erfüllt, wird auf entsprechende Bewertungslisten von Stoffen in der Luft am Arbeitsplatz anderer EU-Länder zurückgegriffen und vom niedrigsten Wert ein NIK-Wert abgeleitet.
- III.) Findet sich keine europäische Legaleinstufung, aber ein MAK-Wert der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) und/oder ein TLV<sup>®</sup>-Wert der American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), wird der NIK-Wert aus dem niedrigsten Wert abgeleitet.
- IV.) Lässt sich ein Stoff nach den vorangegangenen Voraussetzungen in Punkt I., II. oder III. nicht beurteilen, wird geprüft, ob eine Einzelstoffbetrachtung bevorzugt auf der Basis einer Zuordnung zu einer Stoffklasse mit ähnlicher chemischer Struktur und vergleichbarer toxikologischer Einschätzung durchgeführt werden kann. Dabei wird der niedrigste NIK-Wert aus dieser zugeordneten Stoffklasse herangezogen.
- V.) Erfüllt nach Einzelfallprüfung ein Stoff keine der Anforderungen aus Punkt I.-IV., dann wird dieser Stoff im Ablaufschema der Kategorie der Stoffe „ohne NIK-Wert“ zugeordnet. Nicht identifizierte Stoffe fallen ebenfalls in diese Kategorie.

### 3. Berechnung

Zur Berücksichtigung der strenger zu bewertenden, unterschiedlichen Expositionsbedingungen und Empfindlichkeiten in der Allgemeinbevölkerung im Vergleich zur Arbeitsplatzbelastung wird der jeweils zugrunde gelegte MAK-Wert i.d.R. (Ausnahme z.B. Reizgase) durch 100 geteilt (ad-hoc-AG, 1996). Bei möglichen cancerogenen Stoffen (EU Klasse 3) wird in der Regel durch 1000 dividiert. Reproduktionstoxische und mutagene Stoffe werden einer Einzelstoffbetrachtung unterzogen. Substanzen mit cancerogenen Eigenschaften der EU-Klasse 1 und 2 werden gesondert geprüft (siehe AgBB-Bewertungsschema). Die aktuelle Liste der NIK-Werte ist zusammen mit kurzen Hinweisen zu ihrer Herleitung in Tab. 1 abgedruckt.

### 4. Veröffentlichung

Die NIK-Werte werden ausschließlich durch das Gremium des AgBB unter Beteiligung von Industrie und Herstellerverbänden offiziell festgelegt und in einer Liste (NIK-Werte-Liste) veröffentlicht. Für die zur Bearbeitung anstehenden Stoffe werden regelmäßig und nach Bedarf Einzelstoffbetrachtungen durch den AgBB unter Beteiligung der Herstellerseite durchgeführt. Die NIK-Liste stellt eine geschlossene Liste dar, die nach Bedarf etwa im 2-Jahresturnus überarbeitet und veröffentlicht wird.

Seitens der Hersteller besteht die Möglichkeit, für entsprechende, noch nicht in der NIK-Liste aufgeführte Stoffe die Ableitung eines NIK-Wertes beim AgBB unter Vorlage vorhandener Daten zu beantragen.

Um die Ableitung von NIK-Werten transparent zu gestalten, weist die veröffentlichte NIK-Werte-Liste mindestens folgende Angaben auf:

- (1) Substanzname(n)
- (2) CAS-Nr.

- (3) NIK-Wert
- (4) Der für die Ableitung zugrunde gelegte Wert mit Quelle sowie stoffbezogene Einstufungen
- (5) Anmerkungen, die bei Bedarf zusätzliche Hinweise zum Stoff oder zum Ableitungsvorgehen geben.

**Literatur:**

TRGS 900: Technische Regeln für Gefahrstoffe: Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz, „Luftgrenzwerte“, Bundesarbeitsblatt Ausgabe Oktober 2000, zuletzt geändert BARbBl. Heft 3/2002.

ECA (1997) (European Collaborative Action "Indoor Air Quality and its Impact on Man"): Evaluation of VOC Emissions from Building Products – Solid Flooring Materials. Report No. 18, EUR 17334 EN, European Commission, Joint Research Centre, Environment Institute.

ad-hoc-AG (ad-hoc-Arbeitsgruppe aus Mitgliedern der Innenraumlufthygiene-Kommission des UBA und Vertretern der Arbeitsgemeinschaft der Obersten Landesgesundheitsbehörden [AOLG]) (1996): Richtwerte für die Innenraumluft: Basisschema. Bundesgesundheitsblatt 39 (11), 422-426.

**Tabelle 1**

**NIK-Werte-Liste**

Stand Juni 2002

	Substanz	CAS No.	NIK [µg/m³]	TRGS 900 bzw. andere [µg/m³]	EU-Klassifizierung	Bemerkungen
<b>Aromatische Kohlenwasserstoffe</b>						
1	Toluol	108-88-3	<b>1 900</b>	190 000		
2	Ethylbenzol	100-41-4	<b>4 400</b>	440 000		
3	Xylol, Gemisch aus den Isomeren o-, m- und p-Xylol	1330-20-7	<b>4 400</b>	440 000		
4	p-Xylol	106-42-3	<b>4 400</b>	440 000		
5	m-Xylol	108-38-3	<b>4 400</b>	440 000		
6	o-Xylol	95-47-6	<b>4 400</b>	440 000		
7	Isopropylbenzol	98-82-8	<b>2 500</b>	250 000		
8	n-Propylbenzol	103-65-1	<b>1 000</b>			vgl. niedrigsten NIK der gesättigten Alkylbenzole
9	1-Propenylbenzol (β-Methylstyrol)	637-50-3	<b>4 900</b>	490 000 für α-Methylstyrol		
10	1.3.5-Trimethylbenzol	108-67-8	<b>1 000</b>	100 000		
11	1.2.4-Trimethylbenzol	95-63-6	<b>1 000</b>	100 000		
12	1.2.3-Trimethylbenzol	526-73-8	<b>1 000</b>	100 000		

	Substanz	CAS No.	NIK [µg/m³]	TRGS 900 bzw. andere [µg/m³]	EU- Klassifi- zierung	Bemerkungen
13	2-Ethyltoluol	611-14-3	<b>1 000</b>			vgl. niedrigsten NIK der gesättigten Alkyl- benzole
14	1-Isopropyl-2-methylbenzol (o-Cymol)	527-84-4	<b>1 000</b>			vgl. niedrigsten NIK der gesättigten Alkyl- benzole
15	1-Isopropyl-3-methylbenzol (m-Cymol)	535-77-3	<b>1 000</b>			vgl. niedrigsten NIK der gesättigten Alkyl- benzole
16	1-Isopropyl-4-methylbenzol (p-Cymol)	99-87-6	<b>1 000</b>			vgl. niedrigsten NIK der gesättigten Alkyl- benzole
17	1.2.4.5-Tetramethylbenzol	95-93-2	<b>1 000</b>			vgl. niedrigsten NIK der gesättigten Alkyl- benzole
18	n-Butylbenzol	104-51-8	<b>1 000</b>			vgl. niedrigsten NIK der gesättigten Alkyl- benzole
19	1.3-Diisopropylbenzol	99-62-7	<b>1 000</b>			vgl. niedrigsten NIK der gesättigten Alkyl- benzole
20	1.4-Diisopropylbenzol	100-18-5	<b>1 000</b>			vgl. niedrigsten NIK der gesättigten Alkyl- benzole
21	Phenyloctan und Isomere	2189-60-8	<b>1 000</b>			vgl. niedrigsten NIK der gesättigten Alkyl- benzole
22	1-Phenyldecan und Isomere	104-72-3	<b>1 000</b>			vgl. niedrigsten NIK der gesättigten Alkyl- benzole
23	1-Phenylundecan und Isomere	6742-54-7	<b>1 000</b>			vgl. niedrigsten NIK der gesättigten Alkyl- benzole
24	4-Phenylcyclohexen (4- PCH)	4994-16-5	<b>860</b>			vgl. Styrol
25	Styrol	100-42-5	<b>860</b>	86 000		
26	Phenylacetylen	536-74-3	<b>860</b>			vgl. Styrol
27	2-Phenylpropen (a- Methylstyrol)	98-83-9	<b>4 900</b>	490 000		

	Substanz	CAS No.	NIK [µg/m <sup>3</sup> ]	TRGS 900 bzw. andere [µg/m <sup>3</sup> ]	EU- Klassifi- zierung	Bemerkungen
28	Vinylnol (alle Isomeren: o-, m-,p-Methylstyrole)	25013-15-4	<b>4 900</b>	490 000		
29	andere Alkylbenzole, sofern Einzelisomere nicht anders zu bewerten sind		<b>1 000</b>			vgl. niedrigsten NIK d. gesättigten Alkylben- zole
30	Naphthalin	91-20-3	<b>500</b>	50 000		
31	Inden	95-13-6	<b>450</b>	45 000		

**Gesättigte aliphatische  
Kohlenwasserstoffe (n-,  
iso- und cyclo-)**

32	3-Methylpentan	96-14-0	<b>7 200</b>	720 000		
33	n-Hexan	110-54-3	<b>180</b>	180 000	Repr.Cat. 3	
34	Cyclohexan	110-82-7	<b>7 000</b>	700 000		
35	Methylcyclohexan	108-87-2	<b>20 000</b>	2 000 000		
36	1.4-Dimethylcyclohexan	589-90-2	<b>20 000</b>			vgl. Methylcyclohexan
37	4-Isopropyl-1- methylcyclohexan	cis: 6069-98- 3 trans: 1678- 82-6	<b>20 000</b>			vgl. Methylcyclohexan
38	C7-C16 Kohlenwasserstoffe		<b>21 000</b>	2 100 000 für n- Heptan		

**Terpene**

39	3-Caren	498-15-7	<b>2 000</b>			vgl. α -Pinen
40	α-Pinen	80-56-8	<b>2 000</b>			LOAEL 200 mg/m <sup>3</sup>
41	β-Pinen	127-91-3	<b>2 000</b>			vgl. α -Pinen
42	Limonen	138-86-3	<b>2 000</b>			vgl. α -Pinen
43	Andere Terpen- Kohlenwasserstoffe		<b>2 000</b>			vgl. α -Pinen

**Aliphatische Alkohole**

44	Ethanol	64-17-5	<b>19 000</b>	1900 000		
45	1-Propanol	71-23-8	<b>2400</b>			OEL-Norway: 245mg/m <sup>3</sup> (1999)
46	2-Propanol	67-63-0	<b>5 000</b>	500 000		
47	tert-Butanol, 2- Methylpropanol-2	75-65-0	<b>620</b>	62 000		
48	2-Methyl-1-propanol	78-83-1	<b>3 100</b>	310 000		
49	1-Butanol	71-36-3	<b>3 100</b>	310 000		
50	1-Pentanol	71-41-0	<b>3 600</b>	360 000		

	Substanz	CAS No.	NIK [µg/m³]	TRGS 900 bzw. andere [µg/m³]	EU- Klassifi- zierung	Bemerkungen
51	1-Hexanol	111-27-3	3 100			vgl. 1-Butanol
52	Cyclohexanol	108-93-0	2 100	210 000		
53	2-Ethyl-1-hexanol	104-76-7	2 700	270 000		
54	1-Octanol	111-87-5	2 700			ACGIH: 270mg/m³ (1999)
55	4-Hydroxy-4-methyl-pentan- 2-on (Diacetonalkohol)	123-42-2	2 400	240 000		
56	C <sub>4</sub> - C <sub>10</sub> - Alkohole		3 100			vgl. 1-Butanol

#### Aromatische Alkohole

57	Phenol	108-95-2	190	19 000		
----	--------	----------	-----	--------	--	--

#### Glykole, Glykolether, Gly- kolester

58	Propylenglykol (1,2- Dihydroxypropan)	57-55-6	260			vgl. Ethandiol
59	Ethandiol	107-21-1	260	26 000		
60	Ethylenglykol- monobutylether	111-76-2	980	98 000		
61	Diethylenglykol	111-46-6	440	44 000		
62	Diethylenglykol- monobutylether	112-34-5	1 000	100 000		
63	2-Phenoxyethanol	122-99-6	1 100	110 000		
64	Ethylencarbonat	96-49-1	260			vgl. Ethandiol
65	1-Methoxypropanol-2	107-98-2	3 700	370 000		
66	2.2.4-Trimethyl-1.3- pentandiol, Monoisobutyrat (Texanol®)	25265-77-4	1 000			Nielsen et al. (DK)

#### Aldehyde

67	Butanal	123-72-8	640	64 000		
68	Pentanal	110-62-3	1 700	175 000		
69	Hexanal	66-25-1	640			vgl. Butanal
70	Heptanal	111-71-7	640			vgl. Butanal
71	2-Ethyl-hexanal	123-05-7	640			vgl. Butanal
72	Octanal	124-13-0	640			vgl. Butanal

	Substanz	CAS No.	NIK [µg/m³]	TRGS 900 bzw. andere [µg/m³]	EU- Klassifi- zierung	Bemerkungen
73	Nonanal	124-19-6	640			vgl. Butanal
74	Decanal	112-31-2	640			vgl. Butanal
75	2-Butenal (Crotonaldehyd, cis-trans-Gemisch)	4170-30-3	10	1000	Mut.Cat.3	
76	2-Pentenal (trans)	1576-87-0	10			vgl. 2-Butenal
77	Hexenal, trans-2-	6728-26-3	10			vgl. 2-Butenal
78	2-Heptenal cis: trans:	2463-63-0 18829-55-5	10			vgl. 2-Butenal
79	2-Octenal	2363-89-5	10			vgl. 2-Butenal
80	2-Nonenal (trans)	2463-53-8	10			vgl. 2-Butenal
81	2-Decenal	3913-71-1	10			vgl. 2-Butenal
82	2-Undecenal	2463-77-6	10			vgl. 2-Butenal
83	Furfural	98-01-1	20	20 000	Carc.Cat. 3	
84	Glutaraldehyd	111-30-8	4	420		

#### Ketone

85	Ethylmethylketon	78-93-3	6 000	600 000		
86	3-Methylbutanon-2	563-80-4	7 000	705 000		
87	Methylisobutylketon	108-10-1	830	83 000		
88	Cyclopentanon	120-92-3	6 900	690 000		
89	Cyclohexanon	108-94-1	800	80 000		
90	2-Methylcyclopentanon	1120-72-5	6 900			vgl. Cyclopentanon
91	2-Methylcyclohexanon	583-60-8	2 300	230 000		

#### Säuren

92	Essigsäure	64-19-7	500	25 000		Einzelstoffbetr. (Plausibilität)
93	Propionsäure	79-09-4	310	31 000		
94	Isobuttersäure	79-31-2	310			vgl. Propionsäure
95	Buttersäure	107-92-6	310			vgl. Propionsäure
96	Pivalinsäure	75-98-9	310			vgl. Propionsäure
97	n-Valeriansäure	109-52-4	310			vgl. Propionsäure



	Substanz	CAS No.	NIK [µg/m <sup>3</sup> ]	TRGS 900 bzw. andere [µg/m <sup>3</sup> ]	EU- Klassifi- zierung	Bemerkungen
98	n-Caprinsäure	142-62-1	310			vgl. Propionsäure
99	n-Heptansäure	111-14-8	310			vgl. Propionsäure
100	n-Octansäure	124-07-2	310			vgl. Propionsäure

**Chlorierte Kohlenwasser-  
stoffe**

101	Tetrachlorethen	127-18-4	340	345 000	Carc.Cat. 3	
-----	-----------------	----------	-----	---------	----------------	--

**Ester**

102	Methylacetat	79-20-9	6 100	610 000		
103	Ethylacetat	141-78-6	15 000	1500 000		
104	Vinylacetat	108-05-4	36	36 000	Carc.Cat. 3	
105	Isopropylacetat	108-21-4	4 200	420 000		
106	Propylacetat	109-60-4	4 200	420 000		
107	2-Methoxy-1- methylethylacetat	108-65-6	2 700	270 000		
108	n-Butylformiat	592-84-7	1 200	120 000 für Me- thylformiat		
109	Methylmethacrylat	80-62-6	2 100	210 000		
110	andere Methacrylate		2 100			vgl. Methylmethacry- lat
111	Isobutylacetat	110-19-0	4 800	480 000		
112	1-Butylacetat	123-86-4	4 800	480 000		
113	2-Ethylhexylacetat	103-09-3	270			OEL-DK: 270 mg/m <sup>3</sup>
114	1.6-Octadien-3-ol-3.7- dimethylacetat (Linalylacetat)	115-95-7	10			vgl. 2-Butenal
115	Methylacrylat	96-33-3	180	18 000		
116	Ethylacrylat	140-88-5	210	21 000		
117	n-Butylacrylat	141-32-2	110	11 000		
118	2-Ethylhexylacrylat	103-11-7	820	82 000		
119	andere Acrylate (Acryl- säureester)		110			vgl. n-Butylacrylat

**andere**

120	1.4-Dioxan	123-91-1	73	73 000	Carc.Cat.3	
121	Caprolactam	105-60-2	50	5 000		
122	N-Methyl-2-pyrrolidon	872-50-4	800	80 000		