

**Ausschuss zur gesundheitlichen
Bewertung von Bauprodukten**

AgBB - September 2005

Aktualisierte NIK-Werte-Liste 2005 in Teil 3



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 werden 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 instand zu halten, 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 Bauproduktengesetz¹ und die Novellen der Landesbauordnungen in nationales Recht umgesetzt.

¹ 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 (engl.: Interpretative Document Essential Requirement No 3, „Hygiene, Health and Environment“, kurz: ER 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 war aber noch, wie dieser Schutz im Einzelnen erreicht werden kann. Zwar gibt es in einer Reihe von europäischen Ländern, darunter auch in Deutschland, Versuche von Seiten verschiedener Hersteller und Verbände, mit Hilfe von Gütesiegeln Anwendern und Verbrauchern Informationen über die Qualität von Bauprodukten zukommen zu lassen. Eine offiziell anerkannte Vorgehensweise zur Bewertung von Bauprodukten aus gesundheitlicher Sicht fehlte jedoch bislang.

Auch die Europäische Kommission hat die bislang unzureichende Umsetzung von ER 3 erkannt und einen Auftrag (Mandat) an CEN zur Umsetzung von ER 3 erteilt. Das Mandat² sieht die Entwicklung von horizontalen Prüfmethoden für gefährliche Stoffe in und aus Bauprodukten vor. Diese Prüfmethoden sollen dann in die technischen Spezifikationen von Bauprodukten bei der Normung und Zulassung einfließen.

Bereits in den 90er Jahren haben sich nationale und internationale Gremien, insbesondere die European Collaborative Action (ECA) "Indoor Air Quality and its Impact on Man", speziell mit den Fragen der Bewertung von VOC-Emissionen aus Bauprodukten 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 zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB)³ 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.

² Mandate M/366 "Development of horizontal standardized assessment methods for harmonized approaches relating to dangerous substances under the Construction Products Directive (CPD)" EU-Commission, DG Enterprise, Brussels 16.03.2005

³ Vertreten sind die Ländergesundheitsbehörden, das Umweltbundesamt (UBA) mit der Geschäftsstelle des AgBB, das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt), die Konferenz der für Städtebau, Bau- und Wohnungswesen zuständigen Minister und Senatoren der Länder (ARGEBAU), die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) und der Koordinierungsausschuss 03 für Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz des Normenausschusses Bauwesen im DIN (DIN-KOA 03).

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 C₆ bis C₁₆, 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 C₁₆ bis C₂₂.

Das Schema wurde sowohl nach seiner ersten Veröffentlichung [AgBB 2000/2001] als auch während und zum Ende seiner Einführungsphase von 2002 bis 2004 intensiv mit Vertretern von Herstellerfirmen und der weiteren Fachöffentlichkeit diskutiert [Tagungsbände der Fachgespräche 2001 und 2004]. Als Ergebnis dieser Prozesse wurde das Schema überarbeitet. 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.

2. Gesundheitliche Bewertung von VOC-Emissionen aus Bauprodukten

Die Literatur über die Wirkung von Innenraumluftverunreinigungen 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 auch allergisierende oder allergieverstärkende Eigenschaften und insbesondere eine kanzerogene, mutagene oder reproduktionstoxische 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 auf 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]. 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, die auch zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen können, 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. Zwar existieren viele unterschiedliche Geruchsmessverfahren [z.B. Fischer et al., 1998; ECA, 1999], aber bisher steht noch kein abgestimmtes und allgemein anerkanntes Verfahren zur Geruchsbewertung von Bauprodukten zur Verfügung.

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 zur Ermittlung der Emissionen von Bauprodukten veröffentlicht [E DIN EN 13419 1-3, wird 2006 überführt in DIN EN ISO 1600-9 bis -11]. Die Teile 1 und 2 beschreiben die Arbeitsweise bei Verwendung einer Prüfkammer bzw. einer Prü fzelle. 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} [$\mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{h})$] des Produktes, dem Luftwechsel n [h^{-1}] im betrachteten Raum und dem Verhältnis von eingesetzter Produktfläche F [m^2] und Raumlumen V [m^3] ab. Die Größen n , F und V können zu einer neuen Größe q [$\text{m}^3/(\text{h m}^2)$] 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 $\text{m}^3/(\text{h m}^2)$. 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 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 (siehe Zulassungsgrundsätze zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten in Innenräumen Teil I und Teil II, [Deutsches Institut für Bautechnik 2004]). Hierbei können auch Kriterien für einen vorzeitigen Abbruch der Emissionsmessung definiert werden. Grundsätzlich gilt: Die Prüfung kann frühestens nach 7 Tagen nach Beladung abgebrochen werden, wenn die ermittelten Werte unterhalb der Hälfte der Anforderungen für die 28-Tage-Werte liegen und im Vergleich zur Messung am 3. Tag kein signifikanter Konzentrationsanstieg einzelner Substanzen festzustellen ist. Die Erfüllung dieser Kriterien ist durch die Prüfstelle hinreichend darzulegen.

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

VOC: alle Einzelstoffe im Retentionsbereich $C_6 - C_{16}$

TVOC: Summe aller Einzelstoffe $\geq 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Retentionsbereich $C_6 - C_{16}$

SVOC: alle Einzelstoffe im Retentionsbereich $>C_{16} - C_{22}$

Σ SVOC: Summe aller Einzelstoffe $\geq 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Retentionsbereich $>C_{16} - C_{22}$

Für die Zuordnung der Einzelstoffe zu den Retentionsbereichen C_6-C_{16} bzw. $>C_{16}-C_{22}$ ist die Analytik auf einer unpolaren Säule zugrunde zu legen. Einzelstoffe sind identifizierte und nicht identifizierbare Verbindungen.

Zur Identifizierung aller Einzelstoffe wird im AgBB-Schema grundsätzlich eine einheitliche Nachweisgrenze von $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zugrunde gelegt, um das Emissionsspektrum zunächst qualitativ möglichst vollständig zu erfassen.

Alle Einzelstoffe sind je nach Anforderung⁴ zu quantifizieren und ab einer Konzentration von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sowohl in der Einzelstoffbewertung als auch bei den entsprechenden Summenbildungen zu berücksichtigen. Ausnahmen gelten für besonders kritische Substanzen, die ab $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, substanzspezifisch quantifiziert, in die R-Wertberechnung eingehen (siehe 4.3.2).

Die Messung der VOC und SVOC erfolgt durch Probennahme mittels Tenax bei anschließender Thermodesorption und Auswertung mittels GC/MSD analog DIN ISO 16000-6. Abweichend hiervon sind Aldehyde gemäß NIK-Werte-Liste Gruppe 7 mit der DNPH-Methode nach DIN ISO 16000-3 (siehe Anmerkung III im Anhang) zu bestimmen.

⁴ Die Quantifizierung der identifizierten Substanzen mit NIK-Werten und der Kanzerogene hat substanzspezifisch zu erfolgen, die der identifizierten ohne NIK-Werte und die der nicht-identifizierten („unbekannten“) Substanzen jeweils gegen Toluoläquivalente.

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

4.3.1 Messung und Prüfung nach 3 Tagen:

- TVOC₃

Ein Produkt erfüllt die Kriterien, wenn der TVOC-Wert nach 3 Tagen (TVOC₃) ≤ 10 mg/m³ liegt.

- Kanzerogene Stoffe

Die generelle Anforderung an jedes Bauprodukt ist, dass es praktisch keine kanzerogenen, mutagenen oder reproduktionstoxischen Stoffe emittieren soll. Eine Abgabe kanzerogener Stoffe gemäß Kategorie 1 und 2 der EU-Richtlinie 67/548/EWG wird erstmalig an dieser Stelle des Ablaufschemas untersucht. Stoffe mit mutagenen oder reproduktionstoxischen Eigenschaften sowie Stoffe mit möglicher kanzerogener Wirkung gemäß EU-Kategorie 3 werden im Rahmen des NIK-Konzepts (siehe Teil 3) geprüft und ggf. mit höheren Sicherheitsfaktoren belegt. Kanzerogene sind substanzspezifisch zu quantifizieren. Die Summe aller nach 3 Tagen detektierten Kanzerogene der EU-Kategorie 1 und 2 [EU-Richtlinie 67/548/EWG] darf 0,01 mg/m³ 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:

- TVOC₂₈

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 TVOC₂₈-Werts ist – über die Angaben in der DIN ISO 16000-6 hinaus – ein möglichst hoher Identifizierungsgrad anzustreben, um eine Einzelstoffbewertung zu ermöglichen. Ein Produkt erfüllt die Kriterien, wenn hier ein TVOC₂₈-Wert von ≤ 1,0 mg/m³ 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, müssen zusätzlich auch die SVOC-Konzentrationen in der Kammerluft berücksichtigt werden.⁵

⁵ Emissionen schwerflüchtiger organischer Verbindungen mit einer Retentionszeit >C₁₆ (Hexadecan) können bei Kammer- oder Zellenmessungen über 28 Tage mit heutigen modernen Analysengeräten bis zu einer dem Dokosan (C₂₂-Alkan, Siedepunkt 369 °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.

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 Beitrag von 10 % der maximal zulässigen TVOC₂₈-Konzentration von 1 mg/m^3 . Höhere Konzentrationen führen zur Ablehnung.

- Kanzerogene Stoffe

Es findet eine erneute Überprüfung der Abgabe von kanzerogenen Stoffen der EU-Kategorie 1 und 2 (EU-Richtlinie 67/548/EWG) unter dem Gesichtspunkt der langfristigen Bedeutung für den Raumnutzer statt. Die Summe aller detektierten Kanzerogene darf einen Wert von $0,001 \text{ mg/m}^3$ 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, deren Konzentration $1 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ erreicht oder übersteigt, identifiziert und mit der Angabe ihrer CAS-Nr. ausgewiesen sowie je nach Zugehörigkeit quantifiziert:

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. Hier gelistete Stoffe, deren Konzentration $\geq 5 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ beträgt, gehen in die Bewertung nach NIK ein. Ihre Quantifizierung erfolgt substanzspezifisch.

Besonders kritische Substanzen mit NIK-Werten $\leq 10 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ sind bei Konzentrationen ab $1 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ bei der Bewertung zu berücksichtigen.

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 $\geq 5 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ 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

nicht bewertbaren VOC ab einer Konzentration von $\geq 0,005 \text{ mg/m}^3$ in ihrer Summe $0,1 \text{ mg/m}^3$ nicht übersteigen. Höhere Werte führen zur Ablehnung.

4.4 Schlusssatz

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

5. Literatur

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

DIBt (2004) (Deutsches Institut für Bautechnik): Zulassungsgrundsätze zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten in Innenräumen – Stand Juni 2004. DIBt-Mitteilungen 4/2004, 119-141

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

DIN (Jan 2003) (Deutsches Institut für Normung): Bauprodukte - Bestimmung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC). Teil 1: Emissionsprüfkammer-Verfahren (E DIN EN 13419-1); Teil 2: Emissionprüfzellen-Verfahren (E DIN EN 13419-2); Teil 3: Verfahren zur Probenahme, Lagerung der Proben und Vorbereitung der Prüfstücke. (E DIN EN 13419-3). - *werden derzeit überführt in die ISO Normen Reihe EN ISO 16000 (prEN ISO 16000-9 bis 11)*

DIN ISO 16000-6 (Dezember 2004): Innenraumluftverunreinigungen – Teil 6: Bestimmung von VOC in der Innenraumluft und in Prüfkammern; Probenahme auf Tenax TA, thermische Desorption und Gaschromatographie mit MS/FID.

DIN ISO 16000-3 (August 2002) Innenraumluftverunreinigungen – Teil 3: Messen von Formaldehyd und anderen Carbonylverbindungen – Probenahme mit einer Pumpe.

DIN EN ISO 16000-9 (geplant für Juni 2006): Innenraumluftverunreinigungen - Teil 9: Bestimmung der Emission von flüchtigen organischen Verbindungen aus Bauprodukten und Einrichtungsgegenständen - Emissionsprüfkammer-Verfahren

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

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

EC (1994) (European Commission): Mitteilung der Kommission über die Grundlagendokumente. 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

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

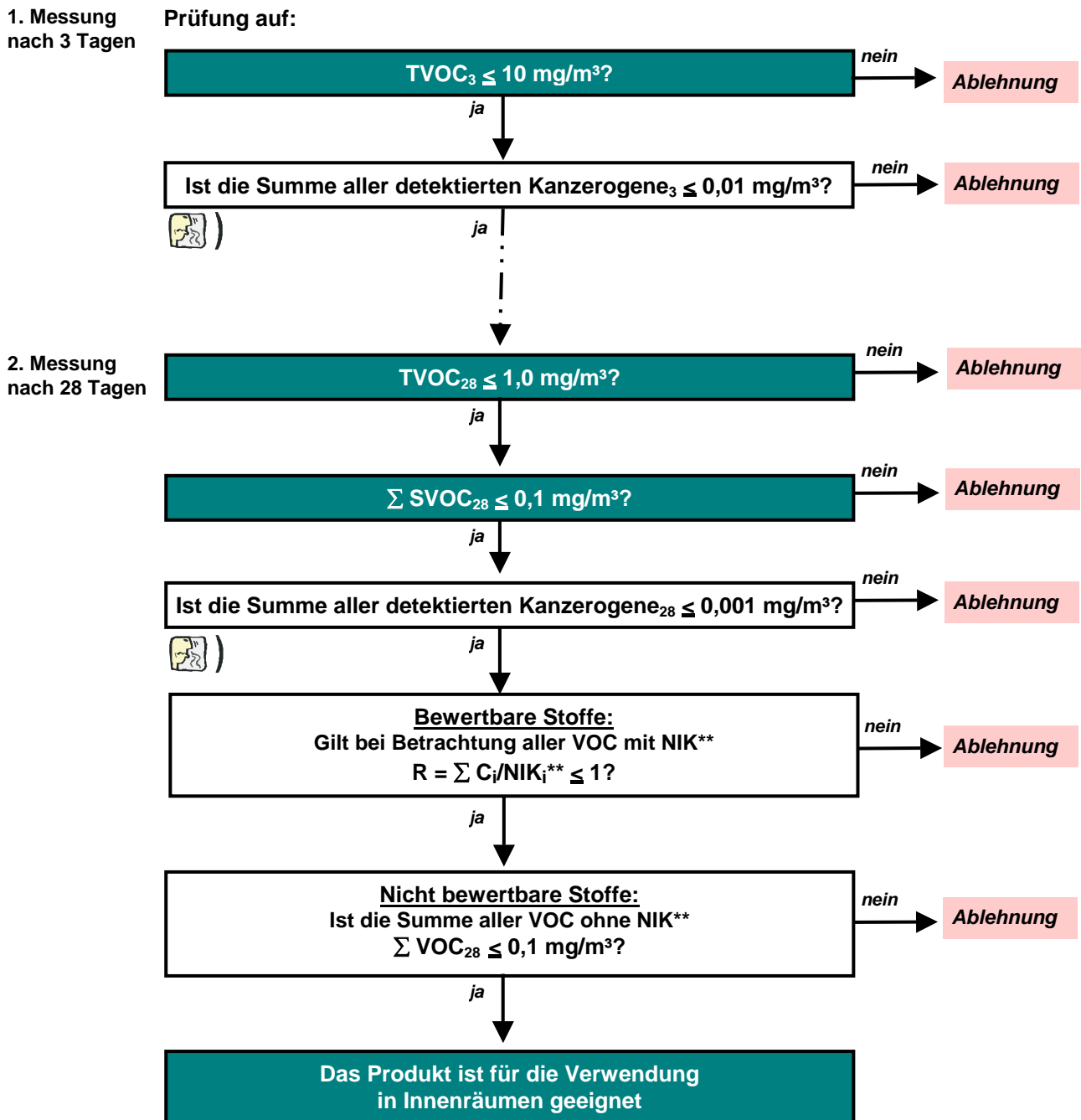
Rat der Europäischen Gemeinschaften (1989): Richtlinie des Rates vom 21. Dezember 1988 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedsstaaten über Bauprodukte (89/106/EWG). Amtsblatt der EG Nr. L 40/12-26

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

Tagungsbände: AgBB - UBA – DIBt (2004): 2. Fachgespräch zur Vorgehensweise bei der gesundheitlichen Bewertung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) aus Bauprodukten – 25. November 2004 im Deutsches Institut für Bautechnik; Umweltbundesamt 2005, <http://www.umweltbundesamt.org/fpdf-1/2898.pdf>; Tagungsband 1 (2001) ist vergriffen, liegt damaligen Teilnehmern vor.



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



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

* VOC, TVOC: Retentionsbereich C₆ – C₁₆, SVOC: Retentionsbereich > C₁₆ – C₂₂

** NIK: Niedrigste interessierende Konzentration, engl. LCI
 Emissionskammerprüfung nach prEN ISO 16000-9 bis 11

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 rechtlich 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 belastigt werden. Die laufend aktualisierten verbindlichen MAK-Werte sind in einer amtlichen Liste [TRGS 900, 2004] 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:

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

Aus sachlichen wie rechtlichen Gründen können die einzelnen NIK-Werte nur als Rechenwerte zur Bauproduktbewertung bzw. zur Bauproduktzulassung und nicht als 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 derzeit maximal erreichbare Evidenz der toxikologischen Begründung berücksichtigt und somit möglichst viele Stoffe beurteilbar macht. Stoffe, die auch so nicht bewertbar sind, bleiben im Rahmen des AgBB-Schemas einer 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 niedrigere Wert zur Ableitung herangezogen.
- II.) Ist die unter Punkt I. genannte Bedingung nicht erfüllt, wird auf entsprechende Bewertungslisten von Stoffen in der Luft am Arbeitsplatz anderer EU-Länder zurückgegriffen und vom niedrigsten Wert ein NIK-Wert abgeleitet.
- III.) Findet sich keine europäische Legaleinstufung, aber ein MAK-Wert der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) und/oder ein TLV[®]-Wert der American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) bzw. ein Workplace Environmental Exposure Limit (WEEL-Wert) der AIHA (American Industrial Hygiene Association), 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 geeignete Arbeitsplatzgrenzwert 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 [Sicherheitsfaktoren analog ad-hoc-AG, 1996]. Bei möglicherweise kanzerogenen Stoffen der EU-Kategorie 3 (EU-Richtlinie 67/548/EWG) wird in der Regel durch 1000 dividiert. Reproduktionstoxische und mutagene Stoffe werden einer Einzelstoffbetrachtung unterzogen. Substanzen mit erwiesenen kanzerogenen Eigenschaften der EU-Kategorie 1 und 2 (EU-Richtlinie 67/548/EWG) werden gesondert geprüft (siehe AgBB-Bewertungsschema).

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. Die aktuelle Liste der NIK-Werte ist zusammen mit kurzen Hinweisen zu ihrer Herleitung in Tab. 1 abgedruckt. Für die zur Bearbeitung anstehenden Stoffe werden regelmäßig und nach Bedarf Einzelstoffbetrachtungen durch den AgBB unter Beteiligung der Industrie- und Herstellerseite durchgeführt. Die NIK-Liste stellt eine geschlossene Liste dar, die nach Bedarf, gegenwärtig etwa im 1-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) Bemerkungen, die bei Bedarf zusätzliche Hinweise zum Stoff oder zum Ableitungsvorgehen geben.

Literatur:

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.

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.

TRGS 900: Technische Regeln für Gefahrstoffe: Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz, „Luftgrenzwerte“, Bundesarbeitsblatt Ausgabe Oktober 2000, zuletzt geändert BArbBl. Heft 5/2004. Bekanntmachung des BMWA vom 31. Dezember 2004 - IIIb3-35122 zur Anwendung der TRGS vor dem Hintergrund der neuen Gefahrstoffverordnung.

Tabelle 1

NIK-Werte-Liste

Stand September 2005

| | Substanz | CAS No. | NIK [µg/m³] | EU-OEL** [µg/m³] | TRGS 900** [µg/m³] | Bemerkungen** |
|--|--|-----------|----------------|---------------------|-----------------------|---|
| 1. Aromatische Kohlenwasserstoffe | | | | | | |
| 1-1* | Toluol | 108-88-3 | 1.900 | | 190.000 | EU: Repr. Cat. 3 (29. ATP) |
| 1-2 | Ethylbenzol | 100-41-4 | 4.400 | | 440.000 | |
| 1-3 | Xylol, Gemisch aus den Isomeren o-, m- und p-Xylol | 1330-20-7 | 2.200 | 221.000 | 440.000 | |
| 1-4 | p-Xylol | 106-42-3 | 2.200 | 221.000 | 440.000 | |
| 1-5 | m-Xylol | 108-38-3 | 2.200 | 221.000 | 440.000 | |
| 1-6 | o-Xylol | 95-47-6 | 2.200 | 221.000 | 440.000 | |
| 1-7 | Isopropylbenzol | 98-82-8 | 1.000 | 100.000 | 250.000 | |
| 1-8 | n-Propylbenzol | 103-65-1 | 1.000 | | | vgl. niedrigsten NIK der gesättigten Alkylbenzole, z.B. NIK Nr. 1-10 |
| 1-9* | 1-Propenylbenzol (β-Methylstyrol) | 637-50-3 | 2.400 | | | EU-OEL Wert für α-Methylstyrol |
| 1-10 | 1.3.5-Trimethylbenzol | 108-67-8 | 1.000 | 100.000 | 100.000 | |
| 1-11 | 1.2.4-Trimethylbenzol | 95-63-6 | 1.000 | 100.000 | 100.000 | |
| 1-12 | 1.2.3-Trimethylbenzol | 526-73-8 | 1.000 | 100.000 | 100.000 | |
| 1-13 | 2-Ethyltoluol | 611-14-3 | 1.000 | | | vgl. niedrigsten NIK der gesättigten Alkylbenzole |
| 1-14* | 1-Isopropyl-2-methylbenzol (o-Cymol) | 527-84-4 | 1.100 | | | vgl. niedrigsten NIK der gesättigten Alkylbenzole; Umrechnung über Molgewicht |

| | Substanz | CAS No. | NIK [µg/m³] | EU-OEL** [µg/m³] | TRGS 900** [µg/m³] | Bemerkungen** |
|---|---|-------------------------|----------------|---------------------|-----------------------|---|
| 1-15* | 1-Isopropyl-3-methylbenzol (m-Cymol) | 535-77-3 | 1.100 | | | vgl. niedrigsten NIK der gesättigten Alkylbenzole; Umrechnung über Molgewicht |
| 1-16* | 1-Isopropyl-4-methylbenzol (p-Cymol) | 99-87-6 | 1.100 | | | vgl. niedrigsten NIK der gesättigten Alkylbenzole; Umrechnung über Molgewicht |
| 1-17* | 1.2.4.5-Tetramethylbenzol | 95-93-2 | 1.100 | | | vgl. niedrigsten NIK der gesättigten Alkylbenzole; Umrechnung über Molgewicht |
| 1-18* | n-Butylbenzol | 104-51-8 | 1.100 | | | vgl. niedrigsten NIK der gesättigten Alkylbenzole; Umrechnung über Molgewicht |
| 1-19* | 1.3-Diisopropylbenzol | 99-62-7 | 1.400 | | | vgl. niedrigsten NIK der gesättigten Alkylbenzole; Umrechnung über Molgewicht |
| 1-20* | 1.4-Diisopropylbenzol | 100-18-5 | 1.400 | | | vgl. niedrigsten NIK der gesättigten Alkylbenzole; Umrechnung über Molgewicht |
| 1-21* | Phenyloctan und Isomere | 2189-60-8 | 1.600 | | | vgl. niedrigsten NIK der gesättigten Alkylbenzole; Umrechnung über Molgewicht |
| 1-22* | 1-Phenyldecan und Isomere | 104-72-3 | 1.800 | | | vgl. niedrigsten NIK der gesättigten Alkylbenzole; Umrechnung über Molgewicht |
| 1-23* | 1-Phenylundecan und Isomere | 6742-54-7 | 1.900 | | | vgl. niedrigsten NIK der gesättigten Alkylbenzole; Umrechnung über Molgewicht |
| 1-24* | 4-Phenylcyclohexen (4-PCH) | 4994-16-5 | 1.300 | | | vgl. Styrol; Umrechnung über Molgewicht |
| 1-25 | Styrol | 100-42-5 | 860 | | 86.000 | |
| 1-26* | Phenylacetylen | 536-74-3 | 840 | | | vgl. Styrol; Umrechnung über Molgewicht |
| 1-27 | 2-Phenylpropen (α-Methylstyrol) | 98-83-9 | 2.400 | 246.000 | 490.000 | |
| 1-28 | Vinylnol (alle Isomere: o-, m-, p-Methylstyrole) | 25013-15-4 | 4.900 | | 490.000 | |
| 1-29 | andere Alkylbenzole, sofern Einzelisomere nicht anders zu bewerten sind | | 1.000 | | | vgl. niedrigsten NIK d. gesättigten Alkylbenzole |
| 1-30 | Naphthalin | 91-20-3 | 50 | 50.000 | 50.000 | EU: Carc. Cat 3 (29. ATP) |
| 1-31 | Inden | 95-13-6 | 450 | | 45.000 | |
| 2. Aliphatische Kohlenwasserstoffe (n-, iso- und cyclo-) | | | | | | |
| 2-1 | 3-Methylpentan | 96-14-0 | 7.200 | | 720.000 | VVOC |
| 2-2 | n-Hexan | 110-54-3 | 72 | 72.000 | 180.000 | EU: Repr. Cat. 3 |
| 2-3 | Cyclohexan | 110-82-7 | 7.000 | | 700.000 | |
| 2-4 | Methylcyclohexan | 108-87-2 | 20.000 | | 2.000.000 | |
| 2-5* | 1.4-Dimethylcyclohexan | 589-90-2 | 21.000 | | | vgl. Methylcyclohexan ; Umrechnung über Molgewicht |
| 2-6* | 4-Isopropyl-1- methylcyclohexan | 6069- 98-3 1678-82-6 | 29.000 | | | vgl. Methylcyclohexan; Umrechnung über Molgewicht |
| 2-7* | C7-C16 gesättigte n- aliphatische Kohlenwasserstoffe | | 21.000 | | | TRGS 900: 2.100.000 µg/m³ für n- Heptan |
| 3. Terpene | | | | | | |
| 3-1* | 3-Caren | 498-15-7 | 1.400 | | | Analogie zu 3-2 bis 3-5 |
| 3-2* | α-Pinen | 80-56-8 | 1.400 | | | TLV DK-EPA: 140.000 µg/m³ |
| 3-3* | β-Pinen | 127-91-3 | 1.400 | | | TLV DK-EPA: 140.000 µg/m³ |
| 3-4* | Limonen | 138-86-3 | 1.400 | | | TLV DK-EPA: 140.000 µg/m³ |

| | Substanz | CAS No. | NIK [µg/m³] | EU-OEL** [µg/m³] | TRGS 900** [µg/m³] | Bemerkungen** |
|---|---|------------|----------------|---------------------|-----------------------|---|
| 3-5* | Terpene, sonstige | | 1.400 | | | TLV DK: 140.000 µg/m³ für Terpentin (Zur Gruppe gehören alle Monoterpene und Sesquiterpene und deren Sauerstoffderivate) |
| 4. Aliphatische Alkohole | | | | | | |
| 4-1 | Ethanol | 64-17-5 | 9.600 | | 960.000 | VVOC |
| 4-2 | 1-Propanol | 71-23-8 | 2.400 | | | VVOC; OEL-Norway: 245.000 µg/m³ |
| 4-3 | 2-Propanol | 67-63-0 | 5.000 | | 500.000 | VVOC |
| 4-4 | tert-Butanol, 2-Methylpropanol-2 | 75-65-0 | 620 | | 62.000 | |
| 4-5 | 2-Methyl-1-propanol | 78-83-1 | 3.100 | | 310.000 | |
| 4-6 | 1-Butanol | 71-36-3 | 3.100 | | 310.000 | |
| 4-7 | 1-Pentanol | 71-41-0 | 3.600 | | 360.000 | |
| 4-8* | 1-Hexanol | 111-27-3 | 4.200 | | | vgl. 1-Butanol; Umrechnung über Molgewicht |
| 4-9 | Cyclohexanol | 108-93-0 | 2.100 | | 210.000 | |
| 4-10 | 2-Ethyl-1-hexanol | 104-76-7 | 2.700 | | 270.000 | |
| 4-11 | 1-Octanol | 111-87-5 | 2.700 | | | TLV (ACGIH): 270.000 µg/m³ |
| 4-12 | 4-Hydroxy-4-methyl-pentan-2-on (Diacetonalkohol) | 123-42-2 | 2.400 | | 240.000 | |
| 4-13* | C ₄ - C ₁₀ - gesättigte n-aliphatische Alkohole | | 3.100 | | | vgl. 1-Butanol |
| 5. Aromatische Alkohole (Phenole) | | | | | | |
| 5-1 | Phenol | 108-95-2 | 78 | 7800 | 19.000 | EU: Mut. Cat. 3 (29. ATP) |
| 5-2 | BHT (2,6-di-tert-butyl-4-methylphenol) | 128-37-0 | 100 | | 10 E | |
| 5-3 | Benzylalkohol | 100-51-6 | 440 | | | WEEL (AIHA): 44.000 µg/m³ |
| 6. Glykole, Glykolether, Glykolester | | | | | | |
| 6-1* | Propylenglykol (1,2-Dihydroxypropan) | 57-55-6 | 320 | | | vgl. Ethylenglykol; Umrechnung über Molgewicht |
| 6-2 | Ethylenglykol (Ethandiol) | 107-21-1 | 260 | 52.000 | 26.000 | |
| 6-3 | Ethylenglykol-monobutylether | 111-76-2 | 980 | 98.000 | 98.000 | |
| 6-4 | Diethylenglykol | 111-46-6 | 440 | | 44.000 | |
| 6-5 | Diethylenglykol-monobutylether | 112-34-5 | 1.000 | | 100.000 | |
| 6-6 | 2-Phenoxyethanol | 122-99-6 | 1.100 | | 110.000 | |
| 6-7* | Ethylencarbonat | 96-49-1 | 370 | | | vgl. Ethylenglykol; Umrechnung über Molgewicht |
| 6-8 | 1-Methoxy-2-propanol | 107-98-2 | 1.900 | 188.000 | 370.000 | |
| 6-9 | 2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandiolmonoisobutyrat (Texanol®) | 25265-77-4 | | | | wegen mangelnder Datenlage ausgesetzt |
| 6-10 | Glykolsäurebutylester (Hydroxyessigsäurebutylester) | 7397-62-8 | 550 | | | vgl. mit Glykolsäure/Metabolit v. Ethylenglykol; Umrechnung über Molgewicht |
| 6-11* | Butyldiglykolacetat, (Ethanol, 2-(2-butoxyethoxy)acetat, BDGA) | 124-17-4 | 800 | | | vgl. mit Diethylenglykol-monobutylether; Umrechnung über Molgewicht |
| 6-12 | Dipropylenglykolmonomethylether | 34590-94-8 | 3.100 | | 310.000 | |
| 6-13 | 2-Methoxyethanol | 109-86-4 | 15 | | | EU: Repr. Cat. 2 DFG-MAK: 15.000 µg/m³ |
| 6-14 | 2-Ethoxyethanol | 110-80-5 | 19 | | | EU: Repr. Cat. 2 DFG-MAK: 19.000 µg/m³ |
| 6-15 | 2-Propoxyethanol | 2807-30-9 | 860 | | | DFG-MAK: 86.000 µg/m³ |
| 6-16 | 2-Methylethoxyethanol | 109-59-1 | 220 | | | DFG-MAK: 22.000 µg/m³ |

| | Substanz | CAS No. | NIK [µg/m³] | EU-OEL** [µg/m³] | TRGS 900** [µg/m³] | Bemerkungen** |
|--------------------|--|--------------------------|----------------|---------------------|-----------------------|--|
| 6-17* | 2-Hexoxyethanol | 112-25-4 | 1.200 | | | vgl. mit Ethylenglykol-monobutylether; Umrechnung über Molgewicht |
| 6-18 | 1,2-Dimethoxyethan | 110-71-4 | 19 | | | EU: Repr. Cat. 2 vgl. mit 2-Methoxy-ethanol (Metabolit Methoxyessigsäure) Umrechnung über Molgewicht |
| 6-19 | 1,2-Diethoxyethan | 73506-93-1 | 25 | | | vgl. mit 2-Ethoxyethanol (Metabolit Ethoxyessigsäure) Umrechnung über Molgewicht |
| 6-20 | 2-Methoxyethylacetat | 110-49-6 | 25 | | | EU: Repr. Cat. 2 DFG-MAK : 25.000 µg/m³ |
| 6-21 | 2-Ethoxyethylacetat | 111-15-9 | 27 | | | EU: Repr. Cat. 2 DFG-MAK: 27.000 µg/m³ |
| 6-22 | 2-Butoxyethylacetat | 112-07-2 | 1.300 | | | DFG-MAK: 130.000 µg/m³ |
| 6-23* | 2-(2-Hexoxyethoxy)-ethanol | 112-59-4 | 1.100 | | | vgl. mit Diethylenglykol-monobutylether; Umrechnung über Molgewicht |
| 6-24 | 1-Methoxy-2-(2-methoxy-ethoxy)-ethan | 111-96-6 | 28 | | | EU: Repr. Cat. 2 DFG-MAK: 28.000 µg/m³ |
| 6-25 | 2-Methoxy-1-propanol | 1589-47-5 | 19 | | | EU: Repr. Cat. 2 DFG-MAK: 19.000 µg/m³ |
| 6-26 | 2-Methoxy-1-propyl-acetat | 70657-70-4 | 28 | | | EU: Repr. Cat. 2 DFG-MAK: 28.000 µg/m³ |
| 6-27* | Propylenglykol-di-acetat | 623-84-7 | 670 | | | vgl. mit Propylenglykol; Umrechnung über Molgewicht |
| 6-28* | Dipropylenglykol | 110-98-5 25265-71-8 | 550 | | | vgl. mit Diethylenglykol; Umrechnung über Molgewicht |
| 6-29* | Dipropylenglykol-mono-methylether-acetat | 88917-22-0 | 3.900 | | | Dipropylenglykolmono-methylether; Umrechnung über Molgewicht |
| 6-30* | Dipropylenglykol-mono-n-propylether | 29911-27-1 | 1.100 | | | vgl. mit Diethylenglykol-monobutylether; Umrechnung über Molgewicht |
| 6-31* | Dipropylenglykol-mono-n-butylether | 29911-28-2 35884-42-5 | 1.200 | | | vgl. mit Diethylenglykol-monobutylether; Umrechnung über Molgewicht |
| 6-32* | Dipropylenglykol-mono-t-butylether | 132739-31-2 (Gemisch) | 1.200 | | | vgl. mit Diethylenglykol-monobutylether; Umrechnung über Molgewicht |
| 6-33 | 1,4-Butandiol | 110-63-4 | 2.000 | | 200.000 | |
| 6-34 | Tripropylenglykol-mono-methylether | 20324-33-8 25498-49-1 | 1.000 | | | Einzelstoffbetrachtung |
| 6-35 | Triethylenglykol-dimethylether | 112-49-2 | 35 | | | EU: Repr. Cat. 2 vgl. mit Methoxyethanol, Metabolit Methoxyessigsäure; Umrechnung über Molgewicht |
| 6-36 | 1,2.-Propylenglykol-dimethylether | 7778-85-0 | 25 | | | vgl. mit 1,2-Dimethoxyethan und 2-Methoxy-1-propanol; Umrechnung über Molgewicht |
| 7. Aldehyde | | | | | | |
| 7-1 | Butanal | 123-72-8 | 640 | | 64.000 | VVOC |
| 7-2 | Pentanal | 110-62-3 | 1.700 | | 175.000 | |
| 7-3* | Hexanal | 66-25-1 | 890 | | | vgl. Butanal; Umrechnung über Molgewicht |
| 7-4* | Heptanal | 111-71-7 | 1.000 | | | vgl. Butanal; Umrechnung über Molgewicht |
| 7-5* | 2-Ethyl-hexanal | 123-05-7 | 1.100 | | | vgl. Butanal; Umrechnung über Molgewicht |
| 7-6* | Octanal | 124-13-0 | 1.100 | | | vgl. Butanal; Umrechnung über Molgewicht |
| 7-7* | Nonanal | 124-19-6 | 1.300 | | | vgl. Butanal; Umrechnung über Molgewicht |
| 7-8* | Decanal | 112-31-2 | 1.400 | | | vgl. Butanal; Umrechnung über Molgewicht |

| | Substanz | CAS No. | NIK [µg/m³] | EU-OEL** [µg/m³] | TRGS 900** [µg/m³] | Bemerkungen** |
|------------------|---|---|----------------|---------------------|-----------------------|--|
| 7-9 | 2-Butenal (Crotonaldehyd, cis-trans-Gemisch) | 4170-30-3 123-73-9 15798-64-8 | 1 | | 1.000 | EU: Mut. Cat.3 |
| 7-10* | 2-Pentenal | 1576-87-0 764-39-6 31424-04-1 | 12 | | | vgl. 2-Butenal, aber keine EU- Mutagenitäts-Einstufung; Umrechnung über Molgewicht |
| 7-11* | 2-Hexenal | 16635-54-4 6728-26-3 505-57-7 1335-39-3 | 14 | | | vgl. 2-Pentenal; Umrechnung über Molgewicht |
| 7-12* | 2-Heptenal | 2463-63-0 18829-55-5 29381-66-6 | 16 | | | vgl. 2-Pentenal; Umrechnung über Molgewicht |
| 7-13* | 2-Octenal | 2363-89-5 25447-69-2 20664-46-4 2548-87-0 | 18 | | | vgl. 2-Pentenal; Umrechnung über Molgewicht |
| 7-14* | 2-Nonenal | 2463-53-8 30551-15-6 18829-56-6 60784-31-8 | 20 | | | vgl. 2-Pentenal; Umrechnung über Molgewicht |
| 7-15* | 2-Decenal | 3913-71-1 2497-25-8 3913-81-3 | 22 | | | vgl. 2-Pentenal; Umrechnung über Molgewicht |
| 7-16* | 2-Undecenal | 2463-77-6 53448-07-0 | 24 | | | vgl. 2-Pentenal; Umrechnung über Molgewicht |
| 7-17 | Furfural | 98-01-1 | 20 | | 20.000 | EU: Carc. Cat. 3 |
| 7-18 | Glutaraldehyd | 111-30-8 | 4 | | 420 | |
| 7-19 | Benzaldehyd | 100-52-7 | 90 | | | WEEL (AIHA): 8.800 µg/m³ |
| 8. Ketone | | | | | | |
| 8-1 | Ethylmethylketon | 78-93-3 | 3.000 | 300.000 | 600.000 | |
| 8-2 | 3-Methylbutanon-2 | 563-80-4 | 7.000 | | 705.000 | |
| 8-3 | Methylisobutylketon | 108-10-1 | 830 | | 83.000 | |
| 8-4 | Cyclopentanon | 120-92-3 | 6.900 | | 690.000 | |
| 8-5 | Cyclohexanon | 108-94-1 | 400 | 40.800 | 80.000 | |
| 8-6* | 2-Methylcyclopentanon | 1120-72-5 | 8.000 | | | vgl. Cyclopentanon; Umrechnung über Molgewicht |
| 8-7 | 2-Methylcyclohexanon | 583-60-8 | 2.300 | | 230.000 | |
| 8-8 | Acetophenon | 98-86-2 | 490 | | | TLV (ACGIH): 49.000 µg/m³ |
| 8-9* | 1-Hydroxyaceton (2-Propanon, 1-hydroxy-) | 116-09-6 | 300 | | | Oxidationsprodukt von Propylenglykol; Umrechnung über Molgewicht |
| 8-10* | s. 9-10 | | | | | |
| 9. Säuren | | | | | | |
| 9-1 | Essigsäure | 64-19-7 | 500 | | 25.000 | Einzelstoffbetrachtung |
| 9-2 | Propionsäure | 79-09-4 | 310 | 31.000 | 31.000 | |
| 9-3* | Isobuttersäure | 79-31-2 | 370 | | | vgl. Propionsäure; Umrechnung über Molgewicht |
| 9-4* | Buttersäure | 107-92-6 | 370 | | | vgl. Propionsäure; Umrechnung über Molgewicht |
| 9-5* | Pivalinsäure | 75-98-9 | 420 | | | vgl. Propionsäure; Umrechnung über Molgewicht |
| 9-6* | n-Valeriansäure | 109-52-4 | 420 | | | vgl. Propionsäure; Umrechnung über Molgewicht |
| 9-7* | n-Caprinsäure | 142-62-1 | 490 | | | vgl. Propionsäure; Umrechnung über Molgewicht |
| 9-8* | n-Heptansäure | 111-14-8 | 550 | | | vgl. Propionsäure; Umrechnung über Molgewicht |
| 9-9* | n-Octansäure | 124-07-2 | 600 | | | vgl. Propionsäure; Umrechnung über Molgewicht |
| 9-10* | 2-Ethylhexansäure | 149-57-5 | 50 | | | EU: Repr. Cat. 3 TLV (ACGIH) : 5000 µg/m³ |

| | Substanz | CAS No. | NIK [µg/m³] | EU-OEL** [µg/m³] | TRGS 900** [µg/m³] | Bemerkungen** |
|--|--|------------|----------------|---------------------|-----------------------|---|
| 10. Ester und Lactone | | | | | | |
| 10-1 | Methylacetat | 79-20-9 | 6.100 | | 610.000 | VVOC |
| 10-2 | Ethylacetat | 141-78-6 | 7.300 | 734.000 | 1.500.000 | VVOC |
| 10-3 | Vinylacetat | 108-05-4 | 36 | | 36.000 | VVOC; EU: Carc. Cat. 3 |
| 10-4 | Isopropylacetat | 108-21-4 | 4.200 | | 420.000 | |
| 10-5 | Propylacetat | 109-60-4 | 4.200 | | 420.000 | |
| 10-6 | 2-Methoxy-1-methylethylacetat | 108-65-6 | 2.700 | 275.000 | 270.000 | |
| 10-7* | n-Butylformiat | 592-84-7 | 2.000 | | | TRGS 900: 120.000 µg/m³ für Methylformiat; Umrechnung über Molgewicht |
| 10-8 | Methylmethacrylat | 80-62-6 | 2.100 | | 210.000 | |
| 10-9 | andere Methacrylate | | 2.100 | | | vgl. Methylmethacrylat |
| 10-10 | Isobutylacetat | 110-19-0 | 4.800 | | 480.000 | |
| 10-11 | 1-Butylacetat | 123-86-4 | 4.800 | | 480.000 | |
| 10-12* | 2-Ethylhexylacetat | 103-09-3 | 3.500 | | | vgl. 2-Ethyl-1-hexanol; Umrechnung über Molgewicht |
| 10-13 | Methylacrylat | 96-33-3 | 180 | | 18.000 | |
| 10-14 | Ethylacrylat | 140-88-5 | 210 | | 21.000 | |
| 10-15 | n-Butylacrylat | 141-32-2 | 110 | 11.000 | 11.000 | |
| 10-16 | 2-Ethylhexylacrylat | 103-11-7 | 820 | | 82.000 | |
| 10-17 | andere Acrylate (Acrylsäureester) | | 110 | | | vgl. Butylacrylat |
| 10-18 | Adipinsäuredimethylester | 627-93-0 | 7.300 | | | vgl. Methanol (Metabolit); Umrechnung über Molgewicht |
| 10-19 | Fumarsäuredibutylester | 105-75-9 | 4.800 | | | vgl. Butanol (Metabolit); Umrechnung über Molgewicht |
| 10-20 | Bernsteinsäuredimethyl-ester | 106-65-0 | 6.200 | | | vgl. Methanol (Metabolit); Umrechnung über Molgewicht |
| 10-21 | Glutarsäuredimethylester | 1119-40-0 | 6.800 | | | vgl. Methanol (Metabolit); Umrechnung über Molgewicht |
| 10-22 | Hexandioldiacrylat | 13048-33-4 | 10 | | | WEEL (AIHA): 1000 µg/m³ |
| 10-23* | Maleinsäuredibutylester | 105-76-0 | 190 | | | Einzelstoffbetrachtung |
| 10-24 | Butyrolacton | 96-48-0 | 2.700 | | | Einzelstoffbetrachtung |
| 11. Chlorierte Kohlenwasserstoffe | | | | | | |
| 11-1 | Tetrachlorethen | 127-18-4 | 340 | | 345.000 | EU: Carc. Cat. 3 |
| 12. Andere | | | | | | |
| 12-1 | 1,4-Dioxan | 123-91-1 | 73 | | 73.000 | EU: Carc. Cat. 3 |
| 12-2 | Caprolactam | 105-60-2 | 50 | 10.000 | 5.000 | |
| 12-3 | N-Methyl-2-pyrrolidon | 872-50-4 | 800 | | 80.000 | |
| 12-4 | Octamethylcyclotetra-siloxan (D4) | 556-67-2 | 1.200 | | | EU: Repr. Cat. 3 Einzelstoffbetrachtung |
| 12-5 | Methenamin, Hexamethylentetramin; (Formaldehydabspalter) | 100-97-0 | 30 | | | OEL: Norwegen/Schweden: TWA 3.000 µg/m³ |
| 12-6 | 2-Butanonoxim | 96-29-7 | 20 | | | EU: Carc. Cat. 3 Einzelstoffbetrachtung |
| 12-7 | Tributylphosphat | 126-73-8 | 25 | | 2.500 | |
| 12-8 | Triethylphosphat | 78-40-0 | 25 | | | vgl. Tributylphosphat |
| 12-9* | 5-Chlor-2-methyl-4-isothiazolin-3-on (CIT) | 26172-55-4 | 1 | | | TRGS 900: 50 µg/m³ für Gemisch 3:1 mit 2-Methyl-4-isothiazolin-3-on (MIT) |

* : Neuaufnahme / Änderungen 2005

** : Zur besseren Vergleichbarkeit erfolgen die Konzentrationsangaben in µg/m³.

VVOC, gehen derzeit nicht in die AgBB-Bewertung ein.

Anmerkungen:

I) Hinweis zu aktuellen Listen von kanzerogenen Stoffen (EU-Kategorie 1 und 2):

Folgende Links führen zu Listen von Stoffen, die gemäß EU-Richtlinie 67/548/EWG als Kanzerogene der Kategorie 1 und 2 eingestuft sind und deren Prüfung und Begrenzung im AgBB-Schema gefordert wird:

- BGIA, Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz
<http://www.hvbg.de/d/bia/fac/kmr>
- BAuA, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin <http://www.baua.de>

II) Auswertung:

Zur Erfassung der Emissionsdaten und Berechnung des Prüfergebnisses ist eine ‚Auswertungssoftware‘ entwickelt worden, die allen Prüflaboren zur Verfügung steht. Das DIBt schreibt für die Einreichung von Zulassungsanträgen die Nutzung dieser Software zur Übermittlung der Emissionsdaten vor.

III) Analytik von Aldehyden:

Die gaschromatographische Bestimmung der Emission der gesättigten und ungesättigten Aldehyde der NIK-Liste Gruppe 7 ist im interessierenden Konzentrationsbereich mit Problemen behaftet. So ist für Butanal und Glutardialdehyd bei dem GC/MS-Verfahren mit Tenax-Thermodesorption (DIN ISO 16000-6) das Verhältnis von Bestimmungsgrenze zu NIK-Wert sehr gering, für Butanal, Butenal und Pentanal ist zudem eine Probenahme auf TENAX für eine quantitative Erfassung nur bedingt geeignet. Da insbesondere Butenal sowie andere ungesättigte Aldehyde und Glutardialdehyd einen sehr kleinen NIK-Wert besitzen, ist hierfür ein Analysenverfahren mit einer besonders niedrigen Bestimmungsgrenze zu wählen. Die DNPH-Methode mit HPLC-Analyse (DIN ISO 16 000-3) ist hierfür gut geeignet, da mit dieser Methode die Bestimmungsgrenzen für die Aldehyde der NIK-Liste im Bereich $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ liegen.

Für die quantitative Erfassung von Aldehyden, insbesondere Butenal, Pentanal und Glutaraldehyd ist daher eine Probenahme nach der DNPH-Methode durchzuführen.

Durch den Einsatz der DNPH-Methode werden zusätzlich zu den Aldehyden, die in die Klasse der VOC fallen, auch einige leichtflüchtige VOC (VVOC) wie Butanal, Aceton, Formaldehyd und Acetaldehyd quantitativ erfasst, deren Bestimmung zwar im AgBB-Bewertungsschema nicht gefordert wird, deren Erfassung aber für die Produktbewertung zusätzliche Informationen liefert.