

Schema

zur Bewertung von VOC-Emissionen aus Bauprodukten

zur Auszeichnung mit dem Qualitätszeichen natureplus®

1 Einleitung

Bauprodukte für den Innenraum, die mit dem natureplus-Qualitätszeichen ausgezeichnet werden sollen, werden einer Emissionsprüfung unterzogen. Nachfolgend wird die Ableitung der für die Zertifizierung zugrundegelegten Emissionsgrenzwerte dargestellt und begründet. Die Grenzwerte finden sich im Textteil (Abschn. 3.2 bis 5) sowie in der Tabelle im Anhang.

Zur Bewertung von Emissionen können verschiedene Ansätze verfolgt werden. So wurde 1997 in Deutschland der Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB) ins Leben gerufen und mit der Erarbeitung gesundheitsbezogener Bewertungskriterien für innenraumrelevante Bauprodukte beauftragt. Ziel des AgBB ist es, die Forderungen der Bauprodukten-Richtlinie in Bezug auf eine Begrenzung von Emissionen aus Bauprodukten national zu konkretisieren. Hierzu hat der AgBB ein Schema zur Vorgehensweise bei der gesundheitlichen Bewertung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen (VOC) aus Bauprodukten vorgelegt. 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.“ „Mindestanforderungen der Bauordnungen“ zielen auf die „Abwehr von Gesundheitsgefahren“. Bauprodukte, welche die Mindestanforderungen erfüllen, sind „brauchbar“. Die durch natureplus® zertifizierten Bauprodukte („empfehlenswert“) erfüllen Anforderungen, die deutlich über das Anforderungsniveau „brauchbar“ hinausgehen.

Im Folgenden wird ein Bewertungsverfahren für VOC-Emissionen aus Bauprodukten abgeleitet, das dem Vorsorgeprinzip und dem in den natureplus®-Vergabe-Richtlinien verankerten Minimierungsgebot Rechnung trägt.

Flüchtige organische Verbindungen umfassen im wesentlichen 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. Daneben werden auch schwerflüchtige organische Verbindungen (SVOC) im Retentionsbereich oberhalb von C_{16} bis C_{22} sowie teilweise leichtflüchtige Substanzen im Bereich kleiner C_6 betrachtet.

Die Feststellung der Emissionen aus Bauprodukten erfolgt mittels Prüfkammeruntersuchungen. DIN V EN 13419 Blatt 1 bis 3 beschreibt die Arbeitsweise bei Verwendung einer Prüfkammer sowie Probenahme, Lagerung der Proben und Vorbereitung der Prüfstücke. Die natureplus®-Ausführungsbestimmungen dienen – soweit erforderlich – einer weiteren Konkretisierung.

Prinzipiell lassen sich gesundheitliche Effekte ausgehend vom toxikologischen Potential eines Stoffes, einer Stoffgruppe mit vergleichbarer Wirkungsweise oder vergleichbarem Wirkungsendpunkt oder durch eine unspezifische Wirkung der Summe der VOC-Belastung vermuten. Hierzu wird allgemein angenommen, dass mit zunehmender VOC-Konzentration die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten gesund-

heitlicher Schäden steigt (Seifert, 1999). Daher erscheint es sinnvoll, zur Bewertung von VOC-Langzeit-Emissionen verschiedene Grenzwerte zu definieren:

- Stoffspezifische Grenzwerte zur Bewertung des toxikologischen Potentials einzelner Verbindungen (im Folgenden als natureplus[®]-Grenzwerte, kurz NPG, bezeichnet),
- Summengrenzwerte für Stoffgruppen mit vergleichbaren Wirkungen,
- einen Summengrenzwert für die Gesamtemission flüchtiger organischer Verbindungen (TVOC).

2 Kurzzeitemissionen

Als Kurzzeitemissionen werden hier die Emissionen bezeichnet, die kurz nach Fertigung des Bauprodukts oder aber beim Verarbeiten des Produktes vor Ort auftreten. Bei der Begrenzung solcher Emissionen wird dennoch das Augenmerk im Wesentlichen auf den Schutz der Gesundheit des Endverbrauchers/Wohnungsnutzers gelegt. Die VOC-Kurzzeitemissionen werden am ersten Tag nach Beladung der Prüfkammer untersucht. Das Augenmerk liegt hier bei den KMR-Stoffen (s.u.). Weiterhin wird der TVOC-Wert berechnet.

Emissionen von kanzerogenen, mutagenen und reproduktionstoxischen VOC (KMR-Stoffe) dürfen in der Prüfkammerluft am ersten Tag nicht nachweisbar sein. Für die Stoffeinstufung werden die Substanzlisten der im Folgenden genannten Regelwerke zugrunde gelegt:

- Anhang I der EG-Richtlinie 67/548/EWG, jeweils Kategorie 1 und 2
- MAK III 1 oder III 2
- IARC Gruppe 1 und 2A

Richtwert TVOC₁ (ein Tag nach Beladung): 5 mg/m³

Dieser Richtwert trägt der Umsetzung des Emissions-Minimierungsgebotes Rechnung. Weiterhin soll dadurch auch eine Minimierung der VOC-Belastung des Anwenders bei unzureichender Lüftung gewährleistet sein.

Bei der Exposition von Freiwilligen mit einem Gemisch aus 22 verschiedenen VOC in einer kontrollierten Wirkungsstudie wurde bei einer Konzentration von 3 mg/m³ eine Geruchsbildung festgestellt. Bei einer Konzentration von 8 mg/m³ wurden signifikant häufiger Schleimhautreizungen, vor allem an Augen und Nase festgestellt, ein unangenehmer Geruch empfunden und verstärkte Lüftung verlangt (Seifert, 1999). Die Festlegung eines Richtwertes von 5 mg/m³ lässt daher eine starke Reizwirkung oder andere bedeutende gesundheitliche Auswirkungen wenig wahrscheinlich erscheinen.

3 Langzeitemissionen

Als relevante Prüfgröße für Langzeitemissionen wird die Emission am 28. Tag nach Prüfkammerbeladung betrachtet.

Im Folgenden werden Grenzwerte auf Basis verschiedener Expositionsszenarien abgeleitet. Einschränkungen ergeben sich dadurch, dass für viele der zu untersuchenden Stoffe nicht in ausreichendem Maße toxikologische Daten vorliegen

(BMLFUW, 2003). Eine Einzelstoffbewertung von deutlich mehr als 100 Stoffen überschreitet zudem den leistbaren Aufwand.

Es wird daher ein generalisiertes Bewertungskonzept basierend auf toxikologisch begründeten (Arbeitsplatz-)Grenzwerten abgeleitet. Dieses Vorgehen entspricht auch dem des AgBB. Jedoch wird dort, wo eine geeignete Einzelstoffbewertung (für den Innenraum) vorliegt, diese als Grundlage der Bewertung herangezogen. Hierbei werden nur Richtwerte aufgegriffen, deren Ableitung ausreichend transparent ist. Richtwerte mit Interventionscharakter (unverzögerlicher Handlungsbedarf) sind von solchen mit Vorsorgecharakter zu unterscheiden. Eine Übersicht liefert Tabelle 1.

Tabelle 1: Übersicht von zur Ableitung von natureplus®-Grenzwerten verwendeten Innenraumluft-Richtwerten

Stoff(gruppe)	Richtwert	Quelle
Toluol	RW II: 3 mg/m ³ (Intervention) RW I: 0,3 mg/m ³ (Vorsorge)	Umweltbundesamt, D
Styrol	RW II: 0,3 mg/m ³ (Intervention) RW I: 0,03 mg/m ³ (Vorsorge)	Umweltbundesamt, D
Bicyclische Terpene	RW II: 2 mg/m ³ (Intervention) RW I: 0,2 mg/m ³ (Vorsorge)	Umweltbundesamt, D
Tetrachlorethen	WIR-Wert: 0,25 mg/m ³ (Intervention) BlmSch-V (BRD): 0,1 mg/m ³ (Intervention)	BMLFUW; A 2.BlmSchV § 15.2

BlmSchV = Bundesimmissionsschutzverordnung

Die wirkungsbezogenen Innenraumrichtwerte (WIR) des Arbeitskreises Innenraumluft des BMLFUW (A) werden zukünftig ebenfalls berücksichtigt. Derzeit liegt ein WIR-Wert jedoch nur für Tetrachlorethen vor, ein Stoff, die für Bauprodukte keine Bedeutung mehr besitzt.

3.1 Darstellung der Expositionsszenarien

Ausgehend von der in der Prüfkammer ermittelten Konzentration erfolgt die Abschätzung der Expositionssituation. Hierzu werden im Wesentlichen zwei Szenarien betrachtet, die sich im Anteil emittierender Bauprodukte im Raum unterscheiden. Bei bekannter Emissionsrate des Bauprodukts kann entsprechend Gleichung 1 die sich einstellende Raumlufkonzentration des Stoffes abgeschätzt werden.

$$\text{Gleichung 1: } C = \frac{E \cdot L}{n}$$

C = sich einstellende Konzentration im Raum

E = Emissionsrate des Bauprodukts in der Prüfkammer (bei q = 1 m²/(m³ x h))

L = Beladung im Raum

n = Luftwechsel

In beiden Fällen wird von einem üblichen Bevölkerungsquerschnitt unter Einbeziehung auch empfindlicher Bevölkerungsgruppen (Kinder, Kranke) ausgegangen. Es wird eine tägliche Exposition von 24 Stunden zugrundegelegt.

Szenario I (Einbeziehung aller Raumflächen, Extremsituation)

Es wird ein Standardraum mit einer Grundfläche von 3 m x 4 m und einer Höhe von 2,7 m betrachtet. Es wird darüber hinaus eine Luftwechselrate von $0,5 \text{ h}^{-1}$ angenommen. Werden alle Flächen des Raumes (Decke, Boden und Wände) mit einem gleichstark emittierenden Material ausgestattet, so ergibt sich eine Beladung (Beladung = Verhältnis von emittierender Fläche zu Raumvolumen) von $1,9 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Das bedeutet, dass die sich im Raum einstellende Luftkonzentration um den Faktor 4 (gerundet) über der in der Prüfkammer ermittelten Konzentration liegen kann.

Szenario II (ein zu prüfendes Bauprodukt, günstiger Fall)

Rechnerisch wird hierbei nur die Emission eines Produktes unter nutzungstypischen Bedingungen betrachtet. Typischerweise kann z.B. angenommen werden, dass das zu betrachtende Material nur eine Fläche des Raumes bildet. Es wird daher eine Beladung von $0,4 \text{ m}^2/\text{m}^3$ und ein Luftwechsel von $0,5 \text{ h}^{-1}$ zugrundegelegt. Die Konzentration in der Prüfkammer entspricht dann in etwa der sich einstellenden Raumluftkonzentration (Faktor 1, gerundet). Dieses Expositionsszenario entspricht dem des AgBB (2003).

Beide Szenarien sind nicht unrealistisch. Szenario I kann bei Neubaumaßnahmen oder umfangreichen Renovierungen auftreten. Stark erhöhte VOC-Konzentrationen infolge von Bau- oder Renovierungsmaßnahmen sind in der Literatur dokumentiert. Probleme treten insbesondere auf, wenn nicht auf emissionsarme Baustoffe geachtet wurde (eine kurze Zusammenstellung findet sich bei Seifert, 1999).

Szenario II entspricht dem Einbau eines neuen Bodenbelags bei nur geringen Emissionen von Decke und Wänden.

Zwischenformen beider Szenarien sind möglich. Unterschiede, die sich aus Sorptionseffekten ergeben, wurden hierbei nicht berücksichtigt. Vereinfachend wird angenommen, dass Wand, Decke und Boden jeweils aus einem Baumaterial bestehen, obwohl vielfach ein mehrschichtiger Aufbau vorliegt. Dies lässt sich aber nur schwer quantifizieren. Erfahrungsgemäß kommt es hierbei nicht zu einer einfachen Addition der VOC-Emissionen, da die oberen Schichten Emissionen aus tieferen Schichten behindern oder vollständig absperren können (z.B. Wilke et.al., 2003).

3.2 Ableitung der natureplus-Grenzwerte (NPG)

Ausgehend von den beiden beschriebenen Szenarien werden die Grenzwerte für die natureplus®-Vergaberichtlinien abgeleitet.

Bei Betrachtung des Extremszenarios I sollte als Minimalforderung sichergestellt sein, dass der Einbau von nach natureplus®-Kriterien zertifizierten Produkten nicht zu einer Raumluftkonzentration oberhalb eines der zitierten Interventionswerte führt. Entsprechend Szenario I ist dies weitgehend sichergestellt, wenn der NPG nur ein Viertel des Interventionswerts beträgt. Es ergäben sich somit folgende Einzelstoffgrenzwerte: Toluol $750 \text{ µg}/\text{m}^3$, Styrol $75 \text{ µg}/\text{m}^3$, Tetrachlorethan $62,5 \text{ µg}/\text{m}^3$.

Es wird jedoch weitergehend gefordert, dass unter einem nutzungstypischen Szenario (Szenario II) ein bestehender vorsorgeorientierter Richtwert ebenfalls nicht überschritten wird. Hieraus ergeben sich folgende Werte: Toluol 300 µg/m³ und Styrol 30 µg/m³. Diese Werte werden als NPG festgelegt.

Für die überwiegende Zahl der Stoffe liegt kein Innenraumrichtwert vor. Es werden daher vorläufige NPG abgeleitet. Hierzu wird aus den oben dargestellten Gründen ein Konventionsverfahren gewählt. Ausgehend von einem Arbeitsplatzgrenzwert wird zur Berücksichtigung interindividueller Unterschiede sowie erhöhter Empfindlichkeit Einzelner ein Divisor von 20 angesetzt, zum Übertrag auf eine Dauerbelastung ein weiterer Divisor von 5. Hieraus ergibt sich insgesamt ein Divisor von 100. Dies entspricht dem Vorgehen des AgBB bzw. den Empfehlungen der ad-Hoc-Arbeitsgruppe.

Ausgangsbasis für die Ableitung der NPG bilden die Arbeitsplatzgrenzwerte verschiedener Institutionen (vgl. Anlage) unter Einbeziehung der NIK-Werte. Die NIK-Werte (NIK = niedrigste interessierende Konzentration) werden durch den AgBB erarbeitet und dienen der Bewertung von VOC-Emissionen aus Bauprodukten. Die NIK-Werte werden aus Arbeitsplatzgrenzwerten unter Einführung eines Divisors von 100 bzw. 1000 abgeleitet (AgBB, 2003). Sofern keine gewichtigen Gründe dagegen sprechen, kann der NIK-Wert als Ausgangspunkt der weiteren Überlegungen dienen.

Ausgehend von den NIK-Werten (oder einem Arbeitsplatzgrenzwert/100) wird ein weiterer Divisor von standardmäßig 10 eingeführt, der dem Übergang vom Interventionswert auf den vorsorgeorientierten Innenraum-Richtwert entspricht. Zeichnet sich ab, dass der so erhaltene NPG (entsprechend Szenario II) grundsätzlich nicht einzuhalten ist, wird geprüft, ob eine Verringerung des Divisors 10 möglich ist.

Kann ein NPG nicht plausibel abgeleitet werden oder liegen keine Daten für eine Ableitung vor, wird der Stoff in die Gruppe ohne NPG eingeordnet.

Die so erhaltenen NPG werden in Kenntnis der Unsicherheiten des Verfahrens als vorläufig betrachtet, bis von geeigneter Stelle ein begründeter Innenraumrichtwert vorliegt.

Die genannten Unsicherheiten des Verfahrens sollen anhand eines Vergleichs von Arbeitsplatzgrenzwerten und bereits abgeleiteten Innenraumrichtwerten verdeutlicht werden (Tabelle 2). Lediglich für Toluol wird der eingeführte Divisor von 100 bei der Ableitung des Innenraumrichtwerts als ausreichend erachtet, bei den anderen vorhandenen Grenzwerten liegt der Interventionswert für die Innenraumluft deutlich niedriger als der durch 100 dividierte Arbeitsplatzgrenzwert.

Tabelle 2: Vergleich zwischen Arbeitsplatzgrenzwert und Innenraumluftwert

Stoff	Arbeitsplatzgrenzwert [mg/m ³]	Innenraumluftwert (Interventionswert) [mg/m ³]	Faktor zwischen Innenraum- und Arbeitsplatzgrenzwert
Toluol	190	3	63,3
Styrol	86	0,3	287
Tetrachlorethen	345	0,25	1380
bicyclische Terpene	560 ¹	2	280
Dichlormethan	350	2	125
Quecksilber (elementar)	0,1	0,00035	286

In einigen Fällen ist eine Festsetzung abweichend von dem oben genanntem Schema sinnvoll (vgl. Kapitel 6).

Zertifizierungsbedingung ist im allgemeinen die Einhaltung der NPG.

Es ist jedoch eine Überschreitung von maximal 5 Einzelstoff-NPG maximal mit dem Faktor 1,5 zulässig, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Der/die fragliche(n) Stoff(e) mit NPG-Überschreitung sind keine Einsatzstoffe. Sie entstehen vielmehr im Produktionsprozess oder liegen als Verunreinigungen bedingt durch den Produktionsprozess in wechselnden Konzentrationen vor.
- Summengrenzwerte werden nicht überschritten.
- NIK-Werte werden nicht überschritten.
- Bei einer Überschreitung des NPG ist vom Hersteller des Bauprodukts darzulegen, inwieweit eine Minimierung der Emission mit dem Ziel der Unterschreitung der NPG möglich ist.

Die NPG finden sich im Anhang. Sollte ein NPG rechnerisch oberhalb eines Richtwerts für eine Summenbegrenzung liegen, wird unter Bezug auf den betreffenden Summengrenzwert auf eine Angabe dieses NPG verzichtet.

Abschließend wird darauf hingewiesen, dass im Ergebnis der beschriebenen Überlegungen die Einhaltung der vorsorgeorientierten Innenraumrichtwerte auch im Falle des Szenarios I angestrebt werden könnte. Die sich daraus ergebenden Grenzwerte wären jedoch zum Teil so niedrig, dass sie von einer Vielzahl von Bauprodukten nicht eingehalten werden könnten. Unter der Annahme, dass nach dem 28. Tag in der Regel ein deutlicher Rückgang der VOC-Emissionen zu verzeichnen ist, kann auf diese weitere Anforderung bezüglich Einzelstoffgrenzwerten verzichtet werden.

¹ MAK-Wert nach TRGS 900 (BRD) für Terpentinöl. Terpentinöl enthält bedeutende Anteile bicyclischer Terpene (> 60%)

Stattdessen wird der Minimierungsgedanke über eine ergänzende Festsetzung von Summenwerten verfolgt.

4 Summengrenzwerte

Zur summarischen Bewertung von VOC-Konzentrationen in der Innenraumlufte sind Bewertungen auf Basis des TVOC üblich. So fordert Seifert (1999), dass eine TVOC-Konzentration von 1 bis 3 mg/m³ in Räumen, die zum längeren Aufenthalt bestimmt sind, nicht überschritten werden soll. Im langfristigen Mittel ist eine TVOC-Konzentration von 0,2 bis 0,3 mg/m³ anzustreben. Das erstgenannte Wertepaar wird als Richtwert mit Interventionscharakter, letzteres als Richtwert mit Vorsorgecharakter verstanden. Andere Autoren kommen zu ähnlichen Bewertungsvorschlägen (bspw. Molhave (1991)).

Ausgehend hiervon wird eine TVOC-Konzentration von 0,3 mg/m³ festgelegt (NPG TVOC).

Im Bereich von VOC-Konzentrationen unter 0,3 mg/m³ sind bis auf vergleichsweise wenige Ausnahmen bislang keine schwerwiegenden toxischen Wirkungen erkannt worden (unter der Voraussetzung, dass kanzerogene, mutagene und reproduktionstoxische Stoffe nicht vorhanden sind). Denkbar sind jedoch Reizerscheinungen und allergische Wirkungen.

Im weiteren werden folgende Summengrenzwerte festgelegt (NPG A bis NPG F).

Summe der bicyclischen Terpene: 0,200 mg/m³ (NPG A)

Der Summenwert basiert auf den Ableitungen eines vorsorgeorientierten Richtwerts der ad-Hoc-AG Innenraumlufte und stellt damit eine Umsetzung des Expositionsszenarios II dar.

Summe der n-Aldehyde: 0,180 mg/m³ (NPG B)

Grundlage dieses Richtwerts ist der gemeinsame Wirkungsendpunkt dieser Stoffe. Von B.A.U.CH. (1993) wurde ein Richtwert von 60 ppb abgeleitet. Hieraus ergibt sich der NPG von 0,18 mg/m³ durch Umrechnung und Rundung.

Summe der Alkylaromaten: 0,05 mg/m³ (NPG C)

Für verschiedene Alkylaromaten (Ethylbenzol, Xylole = Dimethylbenzole, Styrol, Diethylbenzol, Toluol und C₃-Benzole) ist ein gemeinsamer Wirkungsendpunkt bzw. sind gleiche Wirkungsmechanismen anzunehmen (ad-Hoc-AG, 1996).

Summe sensibilisierender Stoffe: 0,1 mg/m³ (NPG D)

Zur Minimierung sensibilisierender Stoffe wird ein Summengrenzwert von 0,1 mg/m³ festgelegt. Die Datenbasis für die Stoffauswahl stellen folgende Regelwerke: MAK IV und BGVV Kat. A.

Summe der Stoffe mit Verdacht auf kanzerogene, mutagene oder reproduktionstoxische Wirkung: 0,05 mg/m³ (NPG E)

Zur Minimierung wird ein Summengrenzwert von 0,05 mg/m³ festgelegt. Die Datenbasis für die Stoffauswahl stellen folgende Regelwerke:

- Anhang I der EG-Richtlinie 67/548/EWG, Kategorie 3
- MAK III 3
- IARC Gruppe 2 B

Summe der Stoffe ohne NPG: 0,03 mg/m³ (NPG F)

Stoffe, für die kein NPG abgeleitet werden kann, erhalten einen Richtwert in Höhe eines Zehntels des NPG TVOC.

Summe der SVOC : 0,1 mg/m³ (NPG Σ SVOC)

Um zu vermeiden, dass eine Emissionsminderung im Bereich der VOC zu einer erhöhten Emission weniger flüchtiger Verbindungen führt, wird ein Grenzwert für die Summe der SVOC festgelegt.

5 Angaben zu einzelnen Stoffen

Abweichend von oben beschriebenem Schema wird für 4-Phenylcyclohexen ein niedrigerer NPG festgelegt. 4-Phenylcyclohexen stellt bei Teppichböden eine Emission aus Styrol-Butadien-Latex-Rücken dar. Der Richtwert der GUT (Gütegemeinschaft umweltfreundliche Teppichböden) beträgt 0,02 mg/m³. Dieser Wert wird als natureplus-Grenzwert festgelegt.

Weiterhin wird der Orientierungswert der GUT von 0,005 mg/m³ für Styrol als NPG übernommen.

Aufgrund der niedrigen Geruchsschwelle wird der NPG für m,p,o-Kresol mit 0,01 mg/m³ festgelegt.

Für Trichlormethan wird kein NPG festgelegt, die Substanz sollte nicht nachweisbar sein.

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 , 422-426

Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB, 2003): Vorgehensweise bei der gesundheitlichen Bewertung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC und SVOC) aus Bauprodukten.
<http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/voc.htm>

B.A.U.CH. (1993): Analyse und Bewertung der in Innenräumen vorkommenden Konzentrationen an länger-kettigen Aldehyde. ISBN 3-929807-13-0

BGVV: Chemikalien und Kontaktallergie: eine bewertende Zusammenstellung. Hrsg.: Kayser, D; Schlede E. ISBN: 3-86094-163-1

BMLTUW Österreich, Arbeitskreis Innenraumluft:
<http://www.lebensministerium.at/umwelt/>

Gemeinschaft umweltfreundlicher Teppichboden e.V. : <http://www.gut-ev.de>

IARC (International agency for research on cancer):
<http://monographs.iarcfr/monoeval/> Stand 12/2002

Molhave, L (1991): Volatile Organic Compounds, Indoor Air Quality and health. Indoor Air 1, 357-376

natureplus® (2003): Ausführungsbestimmungen,
<http://www.natureplus2.de/web/main/>

NIOSH (National Institute for occupational health an safety):
<http://www.cdc.gov/niosh/chem-inx.html> Stand 1998

OSHA (Occupational Safety & Health Administration): http://www.osha-slc.gov/dts/chemicalsampling/toc/toc_chemsamp.html Stand 2003

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

Sorbe, G (1998): Internationale MAK-Werte. ecomed-Verlag 4. Auflage

Umweltbundesamt BRD; Kommission Innenraumlufthygiene (IRK):
<http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/irk.htm>

WHO (1989): Indoor air quality: organic pollutants. Euro Reports and Studies 111 (1989)

Wilke, O.; Jann, O., Brödner, D. (2003): Untersuchung und Ermittlung emissionsarmer Klebstoffe und Bodenbeläge. Forschungsbericht 298 95 308 Umweltbundesamt (BRD)

Anhang: Natureplus®-Grenzwertliste (NPG-Liste)

	AgBB	Arbeitsplatzgrenzwerte				KMR			Allergie	natureplus®
Stoff	NIK	DFG	TRGS 900	Osha/ACGIH	PDK (GUS)	DFG	EU	IARC	DFG/BGVV	NPG/Gruppe
	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³					mg/m ³
Aromatische Kohlenwasserstoffe										
Benzol	-	-	8	3,2	5	III1	K1, M2	1	-	//
Toluol	1,9	190	190	760/190	-	-	R3	-	-	C/E
Ethylbenzol	4,4	-	440	435	50	III3A	-	2B	-	C/E
m/p-Xylol	4,4	440	440	343	50	-	-	-	-	C
o-Xylol	4,4	440	440	343	50	-	-	-	-	C
Diethylbenzol, alle Isomere	-	-	-	-	10	-	-	-	-	C
Isopropylbenzol	1	250	250	245	50	-	-	-	-	C
n-Propylbenzol	1	-	-	-	-	-	-	-	-	C
1,2,4-Trimethylbenzol	1	100	100	123	10	-	-	-	-	C
1,3,5-Trimethylbenzol	1	100	-	-	10	-	-	-	-	C
1,2,3-Trimethylbenzol	1	100	100	123	10	-	-	-	-	C
1,2,4,5-Tetramethylbenzol	1	-	-	-	-	-	-	-	-	C
1,2,3,5-Tetramethylbenzol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	C
1,2,3,4-Tetramethylbenzol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	C

	AgBB	Arbeitsplatzgrenzwerte				KMR			Allergie	natureplus®
Stoff	NIK	DFG	TRGS 900	Osha/ACGIH	PDK (GUS)	DFG	EU	IARC	DFG/ BGVV	NPG/Gruppe
2-Ethyltoluol	1	-	-	-	-	-	-	-	-	C
3-Ethyltoluol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	C
4-Ethyltoluol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	C
Styrol	0,86	86	86	430/86	5	-	-	2 B	-	0,005 / E
Naphthalin	0,05	-	50	50	4	III 2	K3	2 B	-	//
Phenol	0,19	-	19	19	0,3	III3B	M 3	-	-	0,02 / E
Inden	0,45	-	45	45/48	-	-	-	-	-	0,045
Heptylbenzol	(1)	-	-	-	-	-	-	-	-	C
Octylbenzol	1	-	-	-	-	-	-	-	-	C
Nonylbenzol	(1)	-	-	-	-	-	-	-	-	C
alpha-Methylstyrol (= 2-Phenylpropen)	2,4	250	490	480/242	-	-	-	-	-	C
4-Phenyl-Cyclohexen	0,86	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02

	AgBB	Arbeitsplatzgrenzwerte				KMR			Allergie	natureplus®
Stoff	NIK	DFG	TRGS 900	Osha/ACGIH	PDK (GUS)	DFG	EU	IARC	DFG/ BGVV	NPG/Gruppe
aliphatische Kohlen-wasserstoffe										
n-Hexan	0,18	180	180	1800	300	-	R 3	-	-	0,018 / E
n-Heptan	21	2100	2100	2000	300	-	-	-	-	TVOC
Octan	21	2400	2400	2350/1410	300	-	-	-	-	TVOC
i-Octan	21	-	2400	2350/1410	1500	-	-	-	-	TVOC
Nonan	21	-	-	1050	1500	-	-	-	-	TVOC
Decan	21	-	-	-	300	-	-	-	-	TVOC
Undecan	21	-	-	-	-	-	-	-	-	TVOC
Dodecan	21	-	-	-	-	-	-	-	-	TVOC
Tridecan	21	-	-	-	-	-	-	-	-	TVOC
Tetradecan	21	-	-	-	-	-	-	-	-	TVOC
Pentadecan	21	-	-	-	-	-	-	-	-	TVOC
Hexadecan	21	-	-	-	-	-	-	-	-	TVOC
2-Methylpentan	-	-	720	1760	300	-	-	-	-	TVOC

	AgBB	Arbeitsplatzgrenzwerte				KMR			Allergie	natureplus®
Stoff	NIK	DFG	TRGS 900	Osha/ACGIH	PDK (GUS)	DFG	EU	IARC	DFG/ BGVV	NPG/Gruppe
3-Methylpentan	-	-	720	1760	300	-	-	-	-	TVOC
1-Octen	21	-	-	-	-	-	-	-	-	TVOC
1-Decen	21	-	-	-	-	-	-	-	-	TVOC
4-Vinyl-Cyclohexen	-	-	-	0,4	-	III2	-	-	-	//
Cyclische Alkane										
Methylcyclopentan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	TVOC
Cyclohexan	7	700	700	1050	-	-	-	-	-	TVOC
Methylcyclohexan	20	810	2000	2000/1610	50	-	-	-	-	TVOC
Terpene										
Limonen	2	-	-	-	-	-	-	-	MAKIV	D
α-Pinen	2	-	-	-	-	-	-	-	-	A
β-Pinen	2	-	-	-	-	-	-	-	-	A
δ-3-Caren	2	-	-	-	-	-	-	-	BGVV A	A / D
Borneol	2	-	-	-	-	-	-	-	-	A
α-Terpinen	2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2

	AgBB	Arbeitsplatzgrenzwerte				KMR			Allergie	natureplus®
Stoff	NIK	DFG	TRGS 900	Osha/ACGIH	PDK (GUS)	DFG	EU	IARC	DFG/BGVV	NPG/Gruppe
Alkohole										
2-Propanol	5	500	500	980	-	-	-	-	-	TVOC
1-Butanol	3,1	310	310	300/61	10	-	-	-	-	TVOC
4-Chlor-3-Methylphenol (p-Chlor-m-kresol)	-	II B	-	10	-	-	-	-	-	0,01
m,p,o-Kresol	-	-	22	22	0,5	III3A	-	-	-	0,01 / E
BHT (2,6-di-tert-butyl-4-methylphenol) = 3,5-Di-tert-butyl-4-hydroxytoluol = 2,6-Di-tert-Butyl-p-Cresol	0,1	20 (E)	10	10	-	-	-	-	-	0,01
2-Ethyl-hexanol	2,7	270	-	-	-	-	-	-	-	0,27
Glykole/Glykolether										
2-Methoxyethanol	-	16	16	80/16	-	-	R 2	-	-	//
2-Ethoxyethanol	-	19	-	740/18	-	-	R 2	-	-	//
1-Methoxy-2-propanol	3,7	370	370	369	-	-	-	-	-	0,37
2-Butoxyethoxyethanol	1	100	100	-	-	-	-	-	-	0,1

Stoff	NIK	DFG	TRGS 900	Osha/ACGIH	PDK (GUS)	DFG	EU	IARC	DFG/ BGVV/	NPG/Gruppe
	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³					mg/m ³
2-Ethoxyethoxyethanol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1
2-Phenoxyethanol	1,1	110	110	-	-	-	-	-	-	0,11
2-Butoxyethoxyethylacetat	1,3	130	-	-	-	-	-	-	-	0,13
1,2-Propandiol	0,26	-	-	-	7	-	-	-	-	0,26
2-Butoxyethanol	0,98	98	98	240/96	-	-	-	-	-	0,1
Aldehyde										
Furfural	0,02	-	20	37853	-	III3B	-	-	-	0,02 / E
Methylfurfural	-	-	-	-	-	-	-	-	-	F
n-Butanal	0,64	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06 / B
n-Pentanal	1,7	-	-	176	-	-	-	-	-	0,06 / B
n-Hexanal	0,64	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06 / B
n-Heptanal	0,64	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06 / B
n-Oktanal	0,64	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06 / B
n-Nonanal	0,64	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06 / B
n-Dekanal	0,64	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06 / B
2-Butenal (cis, trans)	0,001	-	1	-/6	-	III 3 B	M 3	-	-	0,001 / E
2-Pentenal (trans)	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01
2-Hexenal (cis)	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01
2-Hexenal (trans)	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01
2-Heptenal (E)	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01
2-Heptenal (Z)	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01
2-Octenal (E)	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01
2-Octenal (Z)	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01
2-Nonenal (E)	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01
2-Nonenal (Z)	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01

Stoff	NIK	DFG	TRGS 900	Osha/ACGIH	PDK (GUS)	DFG	EU	IARC	DFG/ BGVV/	NPG/Gruppe
	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³					mg/m ³
2-Decenal (E)	0,01	-	-	-	-	-	-	-	--	0,01
2-Decenal (Z)	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01
2-Undecenal (E)	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01
2-Undecenal (Z)	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01
Glutardialdehyd (= Glutaraldehyd; 1,5-Pentandial)	0,004	0,21	0,42	(0,05ppm)	5	III B	-	-	BGVV A DFG Sah	0,004 / D / E
Benzaldehyd	-	II B	-	-	5	-	-	-	-	F
Ketone										
Methylethylketon=Butanon	6	600	600	590	200	-	-	-	-	TVOC
Methylisobutylketon	0,83	83	83	410/205	-	-	-	-	-	0,08
Cyclohexanon	0,4	-	80	200/100	10	III3B	-	-	-	0,04 / E
Acetophenon	0,49	-	-	49	5	-	-	-	-	0,05
2-Methylcyclohexanon	2,3	-	230	460/229	-	-	-	-	-	0,23
Benzophenon*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	TSVOC
Halogenierte Wasserstoffe										
Trichlormethan	-	2,5	50	240/49	-		K3	2B	-	//
Trichlorethen	-	X III	270	335/269	10	III 1	K2 M3	2A	-	//
Tetrachlormethan	-	3,2	-	62/31	-	-	K 3	-	-	0,003 / E
Tetrachlorethen	0,34	X III	-	670/170	10	III3B	K 3	2A	-	//

Stoff	NIK	DFG	TRGS 900	Osha/ACGIH	PDK (GUS)	DFG	EU	IARC	DFG/ BGVV/	NPG/Gruppe
	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³					mg/m ³
1,1,1-Trichlorethan	-	1100	1100	1910	60	-	-	-	-	0,01
1,4-Dichlorbenzol	-	-	50	450/60	-	II 2	-	2B	-	//
1,2-Dichlorbenzol	-	61	10	300/150	-	-	-	-	-	0,01
1,3-Dichlorbenzol	-	-	20	-	-	-	-	-	-	0,02
1,2,3-Trichlorbenzol	-	38	38	-	10	-	-	-	-	0,03
1,2,4-Trichlorbenzol	-	-	-	37	10	III3B	-	-	-	0,03 / E
1,3,5-Trichlorbenzol	-	38	38	-	10	-	-	-	-	0,03
1,2,3,4-Tetrachlorbenzol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03
1,2,3,5-Tetrachlorbenzol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03
1,2,4,5-Tetrachlorbenzol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03
Säuren										
Hexansäure	0,31	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03

Stoff	NIK	DFG	TRGS 900	Osha/ACGIH	PDK (GUS)	DFG	EU	IARC	DFG/ BGVV	NPG/Gruppe
	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³					mg/m ³
Ester										
Ethylacetat	7,3	1500	1500	1400	-	-	-	-	-	TVOC
Methylacetat	6,1	-	-	610	-	-	-	-	-	TVOC
Methoxyethylacetat	-	25	25	120/24	-	-	R 2	-	-	//
n-Butylacetat	4,8	480	480	710	-	-	-	-	-	TVOC
Isopropylacetat	4,2	420	420	950	-	-	-	-	-	TVOC
Bernsteinsäuredimethylester	6,2	-	-	-	-	-	-	-	-	TVOC
Glutarsäuredimethylester	6,8	-	-	-	-	-	-	-	-	TVOC
Adipinsäuredimethylester	7,3	-	-	-	5	-	-	-	-	TVOC
Isobutylacetat	4,8	-	480	700/713	-	-	-	-	-	TVOC
Vinylacetat	0,036	-	36	35/-	10	III 3A	-	2 B	-	0,036 / E
TXIB*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	TSVOC
Phthalate										
Dimethylphthalat	-	-	-	5	-	-	-	-	-	0,005
Dibutylphthalat*	-	-	-	5	-	-	R2	-	-	//
Diethylphthalat	-	-	3	5	-	-	-	3	-	0,005
Diisobutylphthalat*	-	-	-	5	-	-	-	-	-	0,005

Stoff	NIK	DFG	TRGS 900	Osha/ACGIH	PDK (GUS)	DFG	EU	IARC	DFG/ BGVV	NPG/Gruppe
	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³					mg/m ³
Diethoxyethylphthalat*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,005
Andere										
2-Pentylfuran	-	-	-	-	-	-	-	-	-	F
Benzothiazol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	F
Anilin	-	7,7	7,7	19/7,6	0,1	III 3B	K 3, M3	3	-	E
Hexamethylcyclotetrasiloxan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,12
Oktamethylcyclotetrasiloxan	1,2	-	-	-	-	-	R 3	-	-	0,12 / E
Dekamethylcyclopentasiloxan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,12
1,4-Dioxan	0,073	73	73	360	-	-	K3	-	-	E
THF=Tetrahydrofuran	-	150	150	590	-	-	-	-	-	0,15

* SVOC

// = aufgrund der KMR-Einstufung dürfen so gekennzeichnete Stoffe in natureplus-zertifizierten Produkten am ersten Tag in der Prüfkammeruntersuchung nicht nachweisbar sein

NPG TVOC, TSVOC; A bis F: Die betreffende Substanz ist einem Summengrenzwert zugeordnet. Auf eine Angabe des Orientierungswertes wird verzichtet, wenn dieser über dem entsprechenden Summengrenzwert läge.

weitere Erläuterung zur Tabelle:

Spalte 2: NIK-Werte („Niedrigst interessierende Konzentration“); entnommen aus AgBB, Juni 2003

Spalte 3-6 : in den Spalten 3-6 werden Arbeitsplatzgrenzwerte verschiedener Organisationen aufgeführt unabhängig davon , ob es sich um arbeitsrechtlich verbindliche Grenzwerte oder Vorschläge handelt. Im einzelnen:

Spalte 3 (DFG): entnommen aus DFG (2004)

Spalte 4 (TRGS 900): entnommen aus TRGS 900

Spalte 5 (Osha/ACGIH): in Spalte 4 werden die Arbeitsplatzgrenzwerte der OSHA und ACGIH (entnommen bei NIOSH) – soweit vorhanden – beide vergleichend genannt.

Spalte 6 (PDK, Gus): zitiert nach Sorbe G (1998)

Spalte 7-9: Einstufungen bezüglich Kanzerogenität, Reproduktionstoxizität und Mutagenität. Im einzelnen:

Spalte 7: Einstufungen in Kategorie III 1 III 2 und III 3 nach DFG (2004)

Spalte 8: Einstufungen in Kat Carc 1 bis 3, Mut. 1 bis 3 und Repr. 1 bis 3 nach Anhang I der EG-Richtlinie 67/548/EWG,

Spalte 9: Einstufungen nach Kat 1, 2 A, 2 B entsprechend IARC

Spalte 10: Angaben zur Sensibilisierung /Allergie entsprechend folgender Stofflisten: BGVV Kat.A und MAK IV (DFG, 2003)