

Toxizität der Brand- und Schwelgase aus  
Fußbodenbelägen

**T 2455**

T 2455

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

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

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

© by Fraunhofer IRB Verlag

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

**Fraunhofer IRB Verlag**

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69  
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart

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

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

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

**Bericht**  
**über das Forschungsvorhaben**  
**»Toxizität der Brand- und Schwelgase**  
**aus Fußbodenbelägen«**

- IV/1-5-371/833 -

Berichterstatter  
Univ.-Professor Dr. med. H.J. Einbrodt  
Rheinisch-Westfälische Technische  
Hochschule Aachen  
Institut für Hygiene und Arbeitsmedizin

## **Kurzfassung**

(in ähnlicher Fassung vorgelegt am 01.10.1985 zur PA-III A-Sitzung in Berlin)

### **Prüfung und Bewertung der akuten Rauchgastoxizität von (textilen) Fußbodenbelägen der Baustoffklasse B1**

Im Zuge der Überarbeitung der Musterbauordnung (MBO) können seit 1981 anstelle von nichtbrennbaren Fußbodenbelägen auch solche der Klasse B1 „schwerentflammbar“ nach DIN 4102 in Rettungswegen verwendet werden. In Rettungswegen - als solche gelten Treppen, Treppenträume und notwendige Flure - werden für Wand- und Deckenverkleidungen sowie Einbauten und Verschlüsse und auch Fußböden in der Regel Anforderungen der Baustoffklasse A „nichtbrennbar“ nach DIN 4102 gefordert.

Die durch thermische Beanspruchung der abgrenzenden Bauteile freigesetzten Zersetzungsprodukte können bei der Verlegung von B1-Bodenbelägen möglicherweise die Passierbarkeit des Rettungsweges infolge der Beeinträchtigung der Sichtverhältnisse oder durch die akute Toxizität der Rauchgase in Frage stellen.

Durch die Prüfkriterien zur Baustoffklasse A „nichtbrennbar“ nach DIN 4102 ist sichergestellt, daß die abgrenzenden Bauteile sowohl durch mögliche Feuerweiterleitung und Wärmeentwicklung als auch durch die spezifischen Risiken der Rauchgasentwicklung, d.h. durch die Brandnebenerscheinungen Rauchdichte (Sichtbehinderung) und Rauchgastoxizität (akute Toxizität des Rauchgasgemisches), einen wesentlichen Beitrag zur Gefahrenabwehr in Rettungswegen leisten.

Damit wird der vorbeugenden Grundforderung des baulichen Brandschutzes »Bauliche Anlagen sind so anzuordnen, zu ändern und zu unterhalten, daß der Entstehung und Ausbreitung von Bränden vorgebeugt wird und bei einem Brand wirksame Löscharbeiten und die Rettung von Menschen und Tieren möglich wird« voll Rechnung getragen.

Die Fragen, die durch den Forschungsauftrag »Toxizität der Brand- und Schwelgase aus Fußbodenbelägen« geklärt werden sollten, lauten:

- a) Welche Gefahren toxikologischer Art gehen überhaupt im Brandfalle von Fußbodenbelägen aus, wenn diese in Fluren und Treppen verlegt werden?
- b) Sind die Prüfgrundsätze zur toxikologischen Prüfung für A-Baustoffe in der zur Zeit gültigen Fassung auch auf Fußbodenbeläge anwendbar?

Zusammenfassend können aufgrund der durchgeführten Untersuchungen folgende Antworten gegeben werden:

- zu a)

Geht man davon aus, daß sich ein schwerentflammbarer Fußbodenbelag bis zur maximal zulässigen Abbrandstrecke von 43 cm im Normtest nach DIN 4102 am Brandgeschehen beteiligen darf und sich die Schadstoffe gleichmäßig im Luftvolumen eines Rettungsweges verteilen, so könnte anhand hypothetischer Rechenbeispiele auf der Basis tierexperimenteller materialbezogener Kenndaten gutachtlich festgestellt werden, inwieweit die Rauchgase eines Fußbodenbelages überhaupt in einem ursächlichen Zusammenhang mit einem angenommenen Toxizitätsrisiko im betroffenen Bauabschnitt (Rettungsweg) bestehen können.

Die dazu vorgenommenen Versuche wurden mit 30 cm und 60 cm Probenlänge durchgeführt und blieben damit teilweise unter der Abbrandstrecke des Normtests. Unabhängig von der Vergleichskörpertemperatur (300°C oder 400°C) wurde dabei festgestellt, daß ein nicht unerheblicher Anteil der geprüften Bodenbeläge eine starke Rauchentwicklung mit hochtoxischen gasförmigen Inhaltsstoffen erzeugen kann.

Die Untersuchungen haben weiter ergeben, daß bei textilen Bodenbelägen nicht in erster Linie die textile Oberschicht selbst (Pool), sondern die beschichtete Unterseite zur starken und toxischen Rauchentwicklung beiträgt.

Nach diesen praktischen Prüfungen im Labormaßstab muß man davon ausgehen, daß Bodenbeläge im Brandfall ein nicht unerhebliches Toxizitätsrisiko in Rettungswegen darstellen können, das eingangs erwähnte Rechenbeispiel aus materialbezogenen Kenndaten nur hypothetisch ist.

- zu b)

Die im Rahmen des Forschungsvorhaben durchgeführten Untersuchungen haben gezeigt, daß die Prüfgrundsätze zur Brandnebenerscheinung „Rauchgastoxizität“ der DIN 4102 für Baustoffe der Klasse A „nichtbrennbar“ grundsätzlich auch zur Prüfung und Beurteilung von Bodenbelägen herangezogen werden können.

In diesem Fall wird abweichend von den jetzt gültigen Prüfgrundsätzen eine Verkürzung der Prüfzeit auf 30 Minuten bzw. eine Reduzierung der Probekörper auf 300 mm vorgeschlagen. Die Vergleichskörpertemperatur von 400°C sollte beibehalten werden. Die 14tägige Beobachtungszeit der Versuchstiere kann entfallen, sie hat keine weiteren Erkenntnisse gebracht.

Grundsätzlich sollten alle Prüfungen auf inerten mineralischen Untergrund durchgeführt werden. Je nach Verlegetechnik der herstellenden Firma sollte die Montage des Prüfkörpers auf dem Untergrund entweder verklebt oder aufgespannt erfolgen.

Die nach den Prüfgrundsätzen zur Zeit gültige Begrenzung des Kohlenmonoxidgehalts am Hämoglobin der Versuchstiere von  $\leq 35\%$  COHb sollte beibehalten werden, zumal die Toxizität der Rauchgase aus Fußbodenbelägen häufig nicht wie bei den übrigen Baustoffen der Klasse A „nichtbrennbar“ hauptsächlich von der Kohlenmonoxid-Abgabe abhängt.

Es muß aufgrund der vorliegenden Untersuchungen daher auch diskutiert werden, ob es zulässig ist, den Bodenbelag Holzparkett weiterhin als Bezugsmaterial anzusehen, da bei diesem neben geringen Aldehydmengen hauptsächlich Kohlenmonoxid in toxischen Konzentrationen bei einer Vergleichskörpertemperatur von 400°C und 30 Minuten Versuchsdauer auftritt, und der COHb-Gehalt der Versuchstiere stets 40% übersteigt. Bei textilen Bodenbelägen oder andere Kunststoffbeläge ist das toxische Potential in anderen Rauchgaskomponenten zu suchen.

## Einleitung und Fragestellung

Rettungswege verdienen insofern die besondere Aufmerksamkeit des vorbeugenden Brandschutzes, da eine Gefährdung auch durch die Brandnebenerscheinungen Rauchdichte und Rauchgastoxizität nicht nur das Rettungs- und Löschpersonal, sondern auch im besonderen Maße die Bewohner und Nutzer (und auch Anwohner) gefährden. Es muß daher sichergestellt werden, daß durch Innenverkleidungen keine wesentliche Beteiligung am Brandgeschehen möglich ist. Die Anforderungen der Baustoffklasse A „nichtbrennbar“ für Wand- und Deckenaufbauten und -verkleidungen in diesen Bereichen sind in den Bauverordnungen verankert. Hinsichtlich des Risikos der Rauchgastoxizität ist bei der Klassifizierung der Baustoffklasse A2 (also bei Wänden und Decken) bei Schwelbrandtemperaturen von 300°C und 400°C in der DIN-Apparatur 53 436 durch Inhalationsversuche an Ratten über 60 Minuten Versuchsdauer der Nachweis der Unbedenklichkeit zu führen. Diese Unbedenklichkeit ist dann gegeben, wenn während der vorgegebenen Versuchszeit und den vorgegebenen Vergleichskörpertemperaturen

- kein Versuchstier stirbt ( $LC_0$ ),
- die Bindung des Kohlenmonoxids am Hämoglobin der Versuchstiere nicht größer als 35% ist ( $COHb \leq 35\%$ ),
- keine anderen relevanten Gaskomponenten in toxischen Konzentrationen im Rauchgas vorliegen.

Fußbodenbeläge waren von diesen Anforderungen weitgehend ausgenommen, da diese Beläge überwiegend aus organischem Material bestehen und daher nicht die brandschutztechnischen Anforderungen der A-klassifizierten Baustoffe erfüllen werden bzw. ein organischer Baustoff nicht „nichtbrennbar“ sein kann. Diese Maxime ist jedoch auch bei anderen A2-klassifizierten Baustoffen mehrfach durchbrochen worden.

Die Frage nach der Abgabe von toxisch relevanten Rauchgaskomponenten aus Bodenbelägen in Rettungswegen stellte sich daher in der Vergangenheit nicht, obwohl sie schon immer vorhanden war, da als „bewährtes“ Produkt von den zuständigen Gremien Holzparkett angesehen wurde und wird.

Aufgrund von Beobachtungen aus der Praxis, also bei realen Brandgeschehen, aber auch aus Großversuchen in einigen Materialprüfungsämtern und vom Teppichforschungsinstitut in Aachen sowie in Laborversuchen (s. auch Schreiben des IfBt vom 9. Mai 1978) hat die oberste Bauaufsicht 1981 die Entscheidung getroffen, brennbare Fußbodenbeläge der Klasse B1 nach DIN 4102 „schwerentflammbar“ in Rettungswegen zuzulassen.

Auf die daraus entstandene Problematik hat PRAGER (1985) ausführlich hingewiesen, indem er u. a. ausführt: „Die für die Baustoffklasse A2 festgelegten Prüf- und Bewertungskriterien für die Rauchgastoxizität kommen für die brennbaren Fußbodenbeläge nicht in Frage, da ansonsten das von seiten des abwehrenden Brandschutzes und dem zuständigen Sachverständigenausschuß gewählte Bezugsmaterial „Holzparkett“ unzulässig werden würde“.

Diese Problematik systematisch zu untersuchen war Ziel des Forschungsauftrages.

## **Gang der Untersuchungen**

### **Material**

Sowohl Proben textiler Bodenbeläge als auch andere Kunststoffbeläge wurden entweder vom Teppichforschungsinstitut Aachen (Dr. Lehnen) zur Verfügung gestellt oder direkt im Handel gekauft. Im letzteren Falle ist die Bezeichnung der Proben bzw. die Charakterisierung des Grundmaterials nicht immer eindeutig. Diese Einschränkung trifft aber auch für andere nach A2-klassifizierte Baustoffe zu; auch bei diesen Prüfungen ist dem Untersucher selten die Rezeptur, insbesondere über Füllstoffe und Kleber, aber auch über Flammenschutzmittel, bekannt. Bei den textilen Belägen wurde insbesondere versucht, die Rücken zu charakterisieren, da aus früheren Routineuntersuchungen bekannt ist, daß diese stark in die Bildung toxischer Rauchgase eingehen.

## **Methodik**

Alle Versuche wurden in der DIN-Apparatur 53 436 vorgenommen und zwar mit der Ganzkörperinhalation in Einzelkäfigen.

Die Rahmenbedingungen der A-Prüfung für „nichtbrennbare“ Baustoffe wurden weitgehend beibehalten, d.h. Vergleichskörpertemperaturen von 300°C und 400°C und Primärluftzufuhr von 300 L/h.

Die Probenabmessungen betragen 600 mm x 15 mm bei werkmäßiger Dicke des Materials. Die Proben wurden sowohl frei im Rohr liegend untersucht als auch auf 6 mm inerte Zementunterlage verklebt bzw. durch Halterungen montiert. Alle Proben wurden doppelt geprüft.

Die Versuchszeiten betragen 30 Minuten und 60 Minuten.

Die eingesetzte Tierzahl (150 - 200 g schwere weibliche Wistar-Ratten F49) betrug pro Versuch 5 Tiere.

Die Analytik erfolgte bei CO und CO<sub>2</sub> kontinuierlich mit den Analysegeräten der Firma MAIHAK, die übrigen Gase wurden mit DRÄGER-Röhrchen im Inhalationsraum (Volumen 260 L) bestimmt. In einigen wenigen Fällen wurden Luftproben entnommen und mittels Gaschromatographie analysiert.

## **Ergebnisse und Beurteilung**

Die Ergebnisse sind in Tabellenform im Anhang dargestellt.

In Tabelle I sind Untersuchungen an Parkettfußböden aufgetragen, die zum Vergleich und zur Beurteilung der relativen Toxizität der übrigen Bodenbeläge herangezogen werden.

Es wurden Produkte von 3 Herstellern geprüft.

Bemerkenswert ist die Abgabe von Kohlenmonoxid, besonders dann, wenn die Proben nicht hinterlegt werden.

Auch die Aldehyde - ein häufiges Rauchgas bei der Verschmelzung von holz- und zellulosehaltigen Naturprodukten - wurden in Konzentrationen gemessen, die nach den zur Zeit geltenden Prüfbedingungen für A2-Baustoffe die Beurteilung „toxisch“ rechtfertigen würden.

In den Tabellen II und III sind Prüfungen weiterer organischer Bodenbeläge dargestellt, Linoleum von 2 Herstellern sowie ein Korkbelag.

Man erkennt, daß Linoleum oder Korkbelag oft eine unrichtige Bezeichnung ist, da offensichtlich hohe Anteile PVC bzw. styrolhaltiger Kunststoffe mitverarbeitet werden.

Die Gase aus diesen Komponenten - Vinylchlorid und Styrol - können in diesen Fällen dann auch zu limitierenden Faktoren werden, wobei sich die Abgabe von Kohlenmonoxid - vor allem bei verklebten oder montierten Proben - durchaus in vertretbaren Grenzen hält.

### **Bodenbeläge aus PVC**

Bodenbeläge aus Hart- oder Weich-Polyvinylchlorid oder überwiegend Polyvinylchlorid (PVC) wurden von 4 verschiedenen Herstellern (insgesamt 16 Produkte) untersucht. Die Ergebnisse von 8 Produkten bei VKT 400°C sind in Tabelle IV aufgetragen.

Obwohl das Kohlenmonoxid bei den Prüfungen bei VKT 400°C im Rauchgas weitgehend im unkritischen Bereich unter 0,05 Vol.% (= 500 ppm) liegt, sind die Rauchgase der meisten Produkte als toxisch zu bewerten, und zwar wegen hoher Entwicklung von Salzsäure und/oder Vinylchlorid und/oder (Mono)Styrol.

Auffallend ist, daß die Werte nach 60 Minuten Versuchszeit bereits bei 30 Minuten Versuchsdauer in gleicher Größenordnung erreicht werden.

Weiter wird deutlich, daß eine Hinterlegung mit einem inerten mineralischen Material oder Verklebung nicht generell eine Verbesserung der analytischen Daten und tierexperimenteller Parameter bringt.

## **Elastomere Bodenbeläge**

Es wurden ca. 25 Bodenbeläge auf der Basis Kautschuk/Gummi von 4 verschiedenen Herstellern untersucht. In Tabelle V sind die Ergebnisse von 15 Proben zusammengestellt. Die übrigen Proben bringen keine weiteren Erkenntnisse; außerdem konnte nicht völlig geklärt werden, ob nicht einige Muster völlig identisch sind und lediglich unter anderen Namen von einem oder mehreren Herstellern in den Handel gebracht werden.

Unter diesen Produkten, die angeblich überwiegend B1-klassifiziert waren, befinden sich einige Zusammensetzungen mit hohen toxischen Rauchgasbestandteilen bei einer thermischen Belastung von VKT 400°C und dementsprechend die meisten letalen Tieraufälle aller untersuchten Bodenbeläge. Anders als bei den Fußbodenbelägen aus PVC spielt bei den Elastomer-Belägen wiederum die Kohlenmonoxid-Abgabe eine entscheidende Rolle bei der toxikologischen Bewertung. Außerdem liegen die (Mono)Styrol-Konzentrationen sehr hoch, wenn vergleichsweise die Maximale-Arbeitsplatz-Konzentration (MAK) von 20 ppm damit verglichen wird. Andererseits muß hervorgehoben werden, daß Produkte verschiedener Hersteller durchaus die Kriterien der Prüfgrundsätze nach DIN 4102 für die Baustoffklasse A in der Rauchgastoxizität erfüllen.

Auch in dieser Untersuchungsreihe deutet sich an, daß bereits die Halbstundenwerte das toxische Potential ausreichend charakterisieren.

## **Textile Bodenbeläge**

Es wurden ebenfalls 25 Proben von 5 verschiedenen Herstellern untersucht. Alle Proben waren B1-klassifiziert. Die Charakterisierung des Grundmaterials war in vielen Fällen nur unvollständig zu erhalten. Es kann davon ausgegangen werden, daß in der Regel Polyamid-/Polyester-Poole untersucht wurden, wobei die Verarbeitungsart und insbesondere die Rücken sich ändern.

Aus den in Tabelle VI zusammengestellten Mustern, die alle bei VKT 400°C geprüft und auf mineralischen Untergrund verklebt oder montiert wurden, geht hervor, daß Kohlenmonoxid nur in seltenen Fällen die Toxizität der Rauchgase bedingt. Dies ist fast ausschließlich bei Woll-Pool der Fall. In diesen Fällen liegen auch die Blausäure-Konzentrationen im Rauchgas in

toxischen Bereichen. Ähnlich wie bei den Elastomeren-Belägen liegen auch bei den synthetischen Teppichbelägen die (Mono)Styrolwerte in relativ hohen Konzentrationen vor.

Etwa die Hälfte aller Proben aus Tab. IV sind nach den Kriterien der A2-Beurteilung nicht zu beanstanden.

Völlig unbedenklich sind die Prüfergebnisse der textilen Fußböden aus Tab. VI bei VKT 300°C mit Hinterlegung (Tab. VII).

In Tab. VIII sind die Ergebnisse von textilen Fußbodenproben aus Polyamid/Polyester-Mischungen im Pool, aber mit unterschiedlichen Rücken, eines Herstellers ohne Hinterlegung (Proben liegen frei im Rohr) gegenübergestellt. Der Einfluß des Rückens wird deutlich.

Dieser Einfluß wird weitgehend aufgehoben, wenn die gleichen Proben auf inerter mineralischer Unterlage geprüft werden (s. Tab. IX), wie es sich aus der Praxis anbietet. Das folgende Beispiel an Polyamid/Polyester-Mischungen mit PVC-Rücken macht diesen Einfluß noch einmal besonders deutlich, und zwar an Fußbodenproben, die nicht B1-klassifiziert waren:

Probe	Vol.% CO		ppm	ppm	ppm	ppm	%
	30 Min.	60 Min.	HCN	HCl	R-CHO	VC	COHb
26 143 ohne Hinterlegung	0,02	0,02	10	100	20	90	13,0
26 143 mit Hinterlegung	0,004	0,004	2	60	5	10	< 5
26 091 ohne Hinterlegung	0,04	0,04	11	70	20	100	25,5
26 091 mit Hinterlegung	0,007	0,007	2	60	4	15	< 10

Ohne die praxisbezogene Hinterlegung bzw. Verklebung mit den auch bei der Anwendung empfohlenen Klebern auf mineralischen Untergrund sollten Fußbodenbeläge nicht geprüft und beurteilt werden.

## Diskussion

Die Untersuchungen haben gezeigt, daß die meisten geprüften PVC-Fußböden, Kautschuk-Elastomer-Böden und Textile Teppichböden mit praxisgerechter Verklebung bzw. Montage auf vollmineralischen Untergrund in toxischer Hinsicht die Kriterien der Prüfgrundsätze der DIN 4102 für „nichtbrennbare“ A2-Baustoffe erfüllen können, wenn die Beläge gleichzeitig die Klassifizierung nach B1 (schwerentflammbar) erfüllen.

Anders als bei den Wand- und Deckenbaustoffen der Klasse A2 ist bei den meisten Kunststoffböden nicht die Kohlenmonoxid-Konzentration im Rauchgas nach 30 Minuten bzw. 60 Minuten bei 400°C als die toxische Komponente anzusehen, sondern je nach Aufbau des Bodenbelages entweder aromatische Kohlenwasserstoffe wie Styrol und/oder Vinylchlorid oder Salzsäure und Blausäure.

Die Untersuchungen haben weiter gezeigt, daß eine Versuchsdauer von 30 Minuten (entsprechende Probenlänge 300 mm) ausreicht, um das toxische Rauchgasrisiko genügend sicher bei VKT 400°C abzuschätzen und einzustufen, auch im Hinblick auf die aus der Praxis bei Bränden bekannte Tatsache, daß Bodenbeläge erst relativ spät in das Brandgeschehen einbezogen werden, wenn nämlich das Stadium eines Vollbrandes erreicht ist (BARTH 1981).

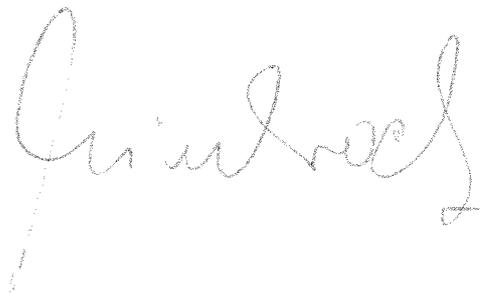
Die B1-Klassifizierung von Bodenbelägen „schwerentflammbar“ reicht nicht aus, um ein toxisches Rauchgasrisiko weitgehend auszuschließen.

In eine Diskussion darüber einzutreten, ob eine Anhebung des z.Z. für A2-Baustoffe gültigen Grenzwertes für die Bindung von Kohlenmonoxid an Hämoglobin von 35% COHb bei der Prüfung von Fußbodenbelägen um etwa 10% anzuheben, sollte nur dann in Erwägung gezogen werden, wenn das für alle „nichtbrennbaren“ Baustoffe gleichermaßen geschieht.

Das war jedoch nicht Fragestellung des Forschungsauftrages.

Sollte eine Prüfung des akuten toxischen Rauchgasrisikos für Fußbodenbeläge erwogen werden, wird aufgrund der geschilderten Untersuchungen vorgeschlagen:

- Die Prüfgrundsätze nach DIN 4102 für „nichtbrennbare“ Baustoffe für die Brandnebenerscheinung »Toxizität der Rauchgase« im Prinzip beizubehalten.
- Es sollten nur B1-klassifizierte Bodenbeläge zur Prüfung zugelassen werden.
- Die Prüfzeit auf 30 Minuten zu begrenzen bzw. die Probekörper auf 300 mm zu kürzen.
- Die Prüftemperatur 400°C sollte beibehalten werden; VKT 300°C sollte entfallen, da keine anderen Erkenntnisse zu erwarten sind.
- Die 14tägige Beobachtungszeit kann entfallen.
- Grundsätzlich sollten alle Prüfungen auf mineralischen Untergrund durchgeführt werden. Je nach Verlegetechnik soll die Montage des Prüfkörpers auf dem Untergrund entweder verklebt oder aufgespannt erfolgen.
- Dem zur Verschwiegenheit verpflichteten Prüfungsinstitut ist eine genaue Rezeptur vorzulegen.

A handwritten signature in cursive script, likely belonging to a representative of the testing institution, located at the bottom right of the page.

## Literatur

Barth, E.

Brandverhalten von Bodenbelägen  
das Krankenhaus, **12**, 467-473 (1981)

Prager, F.H.

Sicherheitskonzept für die Brandschutztechnische Bewertung der Rauchgastoxizität  
Diss. RWTH Aachen 1985

# **ANHANG**

Tabelle I: Parkettböden geprüft nach DIN 53 436

400°C									
Probe	Vol.%CO		Vol.%CO <sub>2</sub>		ppm HCN 60 min.	ppm -CHO 60 Min.	% COHb		Bemerkungen  Tierverhalten
	30 Min.	60 Min.	30 Min.	60 Min.			30 Min.	60 Min.	
Eichenparkett 16 mm roh hinterlegt	0,11	0,11	0,18	0,20	ø	21	40,0	44,5	starke Rauchent- wicklung; benommen, nasses Fell
Eichenparkett 16 mm versiegelt PU hinterlegt	0,07	0,09	0,20	0,21	2	20	40,0	40,0	starke Rauchent- wicklung; benommen, nasses Fell
Eichenparkett 19 mm versiegelt nicht hinterlegt	0,18	0,22	0,31	0,40	2	40	56,0	63,6	starke Rauchent- wicklung; stark benommen
300°C									
Eichenparkett 16 mm roh hinterlegt	0,003	0,003	0,04	0,06	ø	< 1	10,3	10,6	unauffällig
Eichenparkett 16 mm versiegelt PU hinterlegt	0,003	0,003	0,06	0,06	2	< 1	9,9	10,0	unauffällig

**Tabelle II:** Linoleumböden geprüft nach DIN 4102 bei 400°C

Probe	Vol.%CO		Vol.%CO <sub>2</sub>		ppm HCN	ppm HCl	ppm -CHO	ppm VC	ppm Styrol	% COHb	Bemerkung  Tierverhalten
	30 Min.	60 Min.	30 Min.	60 Min.	60 Min.	60 Min.	60 Min.	60 Min.	60 Min.	60 Min.	
S 5393 4 mm hinterlegt	0,10	0,10	0,4	0,4	2	ø	< 1	980	310	32,5	starker Rauch benommen naß
S 5394 4 mm verklebt	0,05	0,06	n.b.	0,03	0	4	5	0	0	20,2	Tränen  Speichelfluß
S 5395 4 mm verklebt	0,03	0,04	n.b.	0,02	0	8	5	0	0	16,3	Tränen  Speichelfluß

**Tabelle III:** Korkhaltiger Bodenbelag geprüft nach DIN 53 436 bei 400°C

Probe	Vol.%CO		Vol.%CO <sub>2</sub>		ppm HCN	ppm HCl	ppm -CHO	ppm VC	ppm Styrol	% COHb	Bemerkung  Tierverhalten
	30 Min.	60 Min.	30 Min.	60 Min.	60 Min.	60 Min.	60 Min.	60 Min.	60 Min.	60 Min.	
Kork 5 mm nicht hinterlegt	0,10	0,12	0,8	1,0	2	ø	n.b.	750	70	47,6	starker Rauch  benommen

**Tabelle IV:** Polyvinylchlorid-Bodenbeläge oder überwiegend aus Polyvinylchlorid (PVC) geprüft nach DIN 53 436 bei 400°C

Probe	Vol. %CO		Vol. %CO <sub>2</sub> 60 Min.	ppm HCN	ppm HCl	ppm R-CHO	ppm VC	ppm Styrol	% COHb	Bemerkung Tierverhalten
	30 Min.	60 Min.								
hart 2 mm hinterlegt	0,024	0,030	0,08	1	25	2	Spur	∅	18,5	starker Rauch; leicht benommen
hart 2 mm nicht hinterlegt	0,030	0,032	0,15	50	160	3	1010	130	20,1	starker Rauch; klebrig, benommen
weich 2 mm nicht hinterlegt	0,020	0,020	0,08	60	∅	n.b.	750	400	10,8	starker Rauch; nasses Fell
homogen 2 mm verklebt	0,020	0,025	0,08	Spur	40	∅	100	15	11,5	leicht benommen
weich 2 mm auf Schaum verklebt	0,020	0,025	0,10	∅	150	∅	100	100	10,5	benommen, nasses Fell
weich 4 mm auf Korkment verklebt	0,040	0,050	0,11	2	180	∅	120	70	18,2	benommen, nasses Fell
weich 4,5 mm auf Schaum	0,080	0,080	0,25	2	180	∅	90	110	32,5	stark benommen, flache Atmung
weich 5 mm auf Schaum	0,010	0,010	0,04	2	12	2	95	Störgase	7,3	starker Rauch; stark benommen

**Tabelle V:** Elastomere Bodenbeläge Gummi/Kautschuk geprüft nach DIN 53 436 bei 400°C mit Hinterlegung

Probe	Vol.%CO		Vol.%CO <sub>2</sub> 60 Min.	ppm HCN	ppm HCl	ppm R-CHO	ppm VC	ppm Styrol	% COHb	Bemerkung Tierverhalten
	30 Min.	60 Min.								
Gummipastillen	0,10	0,10	0,19	7	ø	ø	1490	240	44,2	starker Rauch; benommen
Synthesekautschuk	0,29	0,61	1,43	19	ø	n.b.	1550	410	77,0	alle Tiere tot
Synthesekautschuk	0,04	0,04	0,06	1	ø	n.b.	ø	Störgase	19,4	starker Rauch; ruhig
Synthesekautschuk	0,30	0,30	1,00	2	ø	n.b.	n.b.	280	16,0	starker Rauch; ruhig
Gummi	0,005	0,04	0,10	1,5	ø	-	-	-	14,3	starker Rauch; ruhig
Synthesekautschuk	0,69	0,72	0,30	5	ø	ø	ø	420	72,5	Mat. brennt; Tiere tot
Synthesekautschuk	0,15	0,32	0,20	9	ø	ø	ø	4700	37,5	starker Rauch; Tiere tot
Synthesekautschuk	0,25	0,43	0,60	10	ø	ø	10	790	41,3	starker Rauch; Tiere tot
Synthesekautschuk	0,014	0,02	0,05	6	ø	ø	20	750	11,0	starker Rauch; ruhig
Synthesekautschuk	0,35	0,40	0,35	11	ø	ø	20	5100	48,5	Mat. brennt; stark benommen
Synthesekautschuk	0,008	0,01	0,06	1	ø	20	ø	200	18,3	ruhig
Synthesekautschuk	0,009	0,01	0,06	1	ø	2	ø	30	16,5	ruhig
Synthesekautschuk	0,008	0,011	0,06	ø	ø	ø	ø	240	17,0	ruhig
Kautschuk	0,011	0,02	0,10	2	ø	49	n.b.	nicht meßbar	24,3	stark unruhig
Kautschuk	0,15	0,12	0,10	Spur	ø	20	10	35	46,0	starker Rauch; benommen

n.b. = nicht bestimmt

**Tabelle VI:** Textile Teppichböden geprüft nach DIN 53 436 bei VKT 400°C, auf inerten mineralischen Untergrund verklebt oder montiert

Probe	Vol.%CO		Vol.%CO <sub>2</sub> 60 Min.	ppm HCN	ppm HCl	ppm R-CHO	ppm VC	ppm Styrol	% COHb	Bemerkung Tierverhalten
	30 Min.	60 Min.								
Nadelfilz Polyamid 70% Polyester 30% Rü.: Polypropylen	0,05	0,12	0,41	2	ø	6	ø	Spur	40,3	starker Rauch; flache Atmung
Drix Faser	0,03	0,04	0,11	ø	ø	n.b.	91	200	16,2	ruhig
Velour Polyamid 100%	0,03	0,05	0,10	ø	ø	n.b.	n.b.	220	15,0	stark benommen
Polyamid Velour Rü.: PU-Schaum	0,03	0,035	0,20	5	ø	2	ø	50	22,7	ruhig
Woll-Velour Rü.: Latex-Schaum	0,12	0,12	0,48	1500	ø	2	n.b.	210	53,7	stark benommen
Pool: Wolle Rü.: Jute	0,07	0,09	0,25	110	ø	10	ø	60	50,3	stark benommen
Polyvinyl Rü.: SBR-Schaum	0,02	0,028	0,10	ø	8	20	ø	110	18,3	starker Rauch; stark verschwitzt, leicht benommen
Polyvinyl Rü.: SBR-Schaum	0,018	0,021	0,07	Spur	6	20	n.b.	100	14,0	starker Rauch; stark verschwitzt, leicht benommen
Polyamid/Polyester Jute-Zweibrücken	0,02	0,02	0,07	Spur	ø	2	20	60	15,0	ruhig
Polypropylen Zweibrücken	0,01	0,015	0,07	Spur	ø	1	n.b.	ø	13,0	ruhig
Polyamid Vorstrich PVAC	0,06	0,068	0,10	< 1	ø	ø	20	n.b.	41,0	leichte Unruhe

**Tabelle VII:** Textile Teppichböden wie in Tab. VI, jedoch bei VKT 300°C auf mineralischen Untergrund

Probe	Vol.%CO		Vol.%CO <sub>2</sub> 60 Min.	ppm HCN	ppm HCl	ppm R-CHO	ppm VC	ppm Styrol	% COHb	Bemerkung Tierverhalten
	30 Min.	60 Min.								
Nadelfilz Polyamid 70% Polyester 30%, Rü.: Polypropylen	0,004	0,010	0,06	1	ø	2	ø	ø	10,0	ruhig
Drix Faser	0,002	0,002	0,05	ø	ø	n.b.	Spur	10	9,2	ruhig
Velour Polyamid 100%	0,0005	0,001	0,03	ø	ø	n.b.	Spur	4	< 5	ruhig
Polyamid Velour Rü.: PU-Schaum	0,002	0,008	0,05	1	ø	2	ø	10	< 5	ruhig
Woll-Velour Rü.: Latex-Schaum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pool: Wolle Rü.: Jute	0,002	0,002	0,06	Spur	ø	1	0	30	17,5	ruhig
Polyvinyl Rü.: SBR-Schaum	0,007	0,007	0,08	ø	ø	5	n.b.	40	11,0	flache Atmung
Polyvinyl Rü.: SBR-Schaum	0,005	0,007	0,08	ø	ø	5	n.b.	40	10,0	flache Atmung
Polyamid/Polyester Jute-Zweibrücken	0,006	0,006	0,07	0	ø	< 1	n.b.	ø	ø	ruhig
Polypropylen Zweibrücken	0,003	0,003	0,05	Spur	ø	2	n.b.	ø	ø	ruhig
Polyamid Vorstrich PVAC	0,001	0,002	0,05	ø	ø	2	n.b.	ø	ø	ruhig

**Tabelle VIII:** Textile Teppichböden Polyamid/Polyester eines Herstellers mit unterschiedlichen Rücken, geprüft nach DIN 53 436 bei 400°C ohne mineralische Hinterlegung

Probe	Vol.%CO		Vol.%CO <sub>2</sub> 60 Min.	ppm HCN	ppm HCl	ppm R-CHO	ppm Styrol	% COHb	Bemerkung Tierverhalten
	30 Min.	60 Min.							
Appretur	0,05	0,06	0,20	20	∅	5	210	39,0	blutige Nasen, braunes Fell
Appretur	0,05	0,05	0,15	2	∅	5	180	36,0	leicht gerötete Nasen
Appretur	0,01	0,014	0,11	∅	∅	5	200	14,5	leicht gerötete Nasen
Flor, Jute kaschiert	0,04	0,05	0,15	25	∅	5	Störgase	34,0	total verschwitzt, verkrampft
Flor, Jute kaschiert	0,12	0,20	0,21	15	∅	20	230	58,0	nasse, rote Nasen, Speichelfluß
Flor, Jute kaschiert	0,05	0,06	0,16	30	∅	20	Störgase	41,0	starker Speichelfluß, verkrampft
Velour SDR kaschiert flammhemmend	0,025	0,03	0,10	< 2	∅	20	200	19,0	nasse, rote Nasen
Velour SDR kaschiert flammhemmend	0,02	0,025	0,10	∅	∅	> 20	200	15,0	starker Speichelfluß
Velour SDR kaschiert flammhemmend	0,02	0,02	0,10	∅	∅	20	200	9,5	Speichelfluß
Schlinge	0,018	0,021	0,12	< 2	∅	20	200	12,0	rote Nasen
Schlinge	0,019	0,02	0,10	< 2	∅	5	200	11,5	gerötete Nasen
Flor, PE-Vlies	0,018	0,023	0,11	5	∅	5	Störgase	15,5	unauffällig
Flor, PE-Vlies	0,016	0,022	0,10	5	∅	5	180	14,0	unauffällig

**Tabelle IX:** Textile Teppichböden Polyamid/Polyester eines Herstellers mit unterschiedlichen Rücken, geprüft nach DIN 53 436 bei 400°C mit mineralische Hinterlegung

Probe	Vol.%CO		Vol.%CO <sub>2</sub> 60 Min.	ppm HCN	ppm HCl	ppm R-CHO	ppm Styrol	% COHb	Bemerkung Tierverhalten
	30 Min.	60 Min.							
Appretur	0,03	0,03	0,04	2	∅	2	20	20,5	ruhig
Appretur	0,03	0,03	0,05	< 2	∅	2	40	20,0	ruhig
Appretur	0,007	0,009	0,06	∅	∅	< 2	50	12,3	ruhig
Flor, Jute kaschiert	0,03	0,03	0,07	10	∅	5	Störgase	18,4	ruhig
Flor, Jute kaschiert	0,06	0,06	0,10	5	∅	2	50	41,0	leichte Unruhe
Flor, Jute kaschiert	0,03	0,03	0,10	5	∅	5	Störgase	18,9	ruhig
Velour SDR kaschiert flammhemmend	0,01	0,02	0,08	< 2	∅	20	100	16,1	ruhig
Velour SDR kaschiert flammhemmend	0,01	0,02	0,10	5	∅	5	80	15,9	ruhig
Velour SDR kaschiert flammhemmend	0,006	0,006	0,06	∅	∅	20	70	10,0	ruhig
Schlinge	0,01	0,02	0,07	10	∅	5	100	13,4	ruhig
Schlinge	0,008	0,008	0,07	5	∅	< 2	100	11,0	ruhig
Flor, PE-Vlies	0,001	0,002	0,04	2	∅	∅	Störgase	6,3	ruhig
Flor, PE-Vlies	∅	0,001	0,02	< 5	∅	∅	60	< 5	ruhig

## Kurzfassung

In den 60er und 70er Jahren wurden in der Bundesrepublik Deutschland bis zum Verbot im Jahre 1978 polychlorierte Biphenyle (PCB) als Weichmacher in Fugendichtungsmassen eingesetzt. In einer Modellapparatur untersuchten wir das Ausgasungsverhalten dieser Fugendichtungsmassen. Hierfür erfolgten auch Entwicklungen zur PCB-Raumluftanalytik.

Bei den Baumaterialien lassen sich primärkontaminierte (z. B. Fugendichtungsmassen mit 5 - 30-Massen-% PCB) und sekundärkontaminierte (z. B. Dichtungen, Wände mit PCB im ppm-Bereich) Proben unterscheiden.

Die Modellversuche beweisen, daß die PCB beim Ausgasen eine Kongenerenverschiebung hin zu niederchlorierten Verbindungen erfahren. Aus gealterten Schnittflächen dampfen ca. 30 % weniger PCB ab als aus neuen Oberflächen. Im Prozentbereich belastete Fugendichtungsmassen erzeugen unabhängig vom Gehalt stets die gleichen Raumluftkonzentrationen.

## Short version

In the Federal Republic of Germany polychlorinated biphenyls (PCB) were used as plasticizer in joint sealing materials in the sixties and seventies until they were forbidden in the year 1978. We examined the emitting behaviour of these joint sealing materials in a model apparatus. Therefore we also made developments in the area of ambient air analytics for PCBs.

We could distinguish samples of construction material that were primarily contaminated (e. g. in joint sealing materials with 5 - 30 % PCB) and secondarily contaminated (e.g. sealings, walls with PCB in the range of ppm).

Model tests were able to prove that PCBs were shifted towards lower chlorinated compounds during the emitting process. From aged cutting surfaces about 30 % less PCB emissions were measured than from new surfaces. Joint sealing materials contaminated in the percent range always produced the same concentrations in the ambient air independent of the content.

### Version courte

En Allemagne Federale poly chloreux biphenyles (PCB) étaient utilisés comme plastifiant dans des matériaux servant à étouper dans les années 60 et 70 jusqu'à leur interdiction dans l'année 1978. Nous examinerions la conduite emission des ces matériaux servant à étouper dans und appareil de modèle. Des là nous faisons aussi des développements dans la gamme des analyses d'air ambient pour les PCBs.

Nous étions capable de distinguer des spécimens du matériel de construction qui étaient contaminé primairement (c.-à.-d. les matériaux servant à étouper avec 5 - 30 % PCB de la masse) et secondairement (c.-à.-d. des joints, des murs avec PCBs dans la gamme de ppm).

Les testes de modèle font preuve du fait que les PCBs étaient garés aux composés chloreux plus inférieurs pendant le procédé d'emission. Dès surfaces coupées âgées on mesurait quelque 30 % moins PCBs que dès nouvelles surfaces. Des matériaux servant à étouper contaminés dans la gamme de pour cents produisaient toujours les même concentrations dans l'air ambient indépendant du contenu.

## Summary:

### Toxicity of fumes released from burning and smouldering floor coverings

Since 1981, in accordance with the Model Building Ordinance, floor coverings with the classification B1, "hardly flammable", DIN (German industrial standard 4102) can be laid in escape routes, whereas wall and ceiling coverings generally require building materials with the classification A, "non-flammable". The following project examines the toxicological dangers from fires involving such B1 floor coverings and the possibilities of applying the testing principles used for testing A building materials to floor coverings.

Samples of textile floor coverings and other synthetic coverings, within DIN-equipment 53 436, were investigated to ascertain their toxicity in accordance with the outlined conditions for the A-test for "non-flammable" building materials. In view of toxicity, it was shown that most of the tested PVC floor coverings, rubber-elastomere flooring and textile carpeting with designed adhesives or installations using a mineral base fulfilled the criteria for the testing principles of DIN 4201 for "non-flammable" A2 building materials, if at the same time they achieve the classification B1 (hardly flammable).

In contrast to wall and ceiling building materials it is not carbon dioxide in synthetic floor coverings but either aromatic hydrocarbons such as styrene and/or vinyl chloride or hydrochloric acid and hydrogen cyanide that are the toxic relevant components. To test the acute toxic fire fume risks a testing time of 30 minutes and temperature of 400 °C (reference body temperature) should be chosen.

Other testing temperatures and longer times, as well as, a 14 day observation of experimental animals following exposure gave no further information. It is recommended that the exact formulae for the floor coverings be submitted to the discretionary testing institute.

## Résumé

### **Toxicité des gaz provenant des garnitures et enduits pour planchers et parquets en cas d'incendie ou de combustion incomplète**

Le modèle de réglementation des constructions (MBO) permet, depuis 1981, le revêtement des voies de secours à l'aide de matériaux de type B1 que la norme industrielle allemande DIN 4102 définit comme "difficilement inflammables", tandis que l'emploi de matériaux de construction de type A, par définition "non inflammables", est exigé dans le cas des murs et des plafonds.

Le présent projet se propose de mettre en évidence les dangers d'ordre toxicologique pouvant, en cas d'incendie, résulter de ces matériaux de type B1 et de vérifier dans quelle mesure les principes de contrôle arrêtés pour les matériaux de type A pourraient leur être appliqués.

Dans le cadre de ce projet, 53 436 échantillons de garnitures et d'enduits textiles ou synthétiques ont subi, au moyen d'appareils normés, un contrôle de toxicité dans les conditions mêmes de celui de matériaux ("non inflammables") de type A.

Il a pu être démontré que la plupart d'entre eux, qu'ils soient en textile, en polyvinylchlorure, en matière synthétique ou en gomme élastique, remplissent du point de vue toxique, sous réserve d'un montage approprié sur fond minéral, les critères standard de classification dans le groupe des matériaux ("non inflammables") de type A2, dès lors qu'ils remplissent ceux les qualifiant pour le groupe des matériaux ("difficilement inflammables") de type B1.

Plutôt que le monoxyde de carbone dans le cas des matériaux de construction pour murs et plafonds, les hydrogènes carburés aromatisés comme le styrène et/ou le chlorure de vinyle ainsi que l'acide chlorhydrique ou prussique constituent les composantes principales des sols synthétiques, déterminantes du point de vue toxique.

Pour la mise en évidence d'un risque aigu d'intoxication par gaz provenant d'un incendie, une durée de contrôle de 30 minutes et une température ambiante de 400°C devraient suffire. En effet, aucune information supplémentaire n'a pu être obtenue par le choix d'autres températures, l'accroissement des durées de contrôle ou même le suivi des cobayes pendant une période de 14 jours.

Il serait souhaitable que la composition exacte des garnitures et enduits pour sols soit mise à la disposition des instituts chargés du contrôle, d'autant plus qu'ils sont tenus d'en garder le secret.