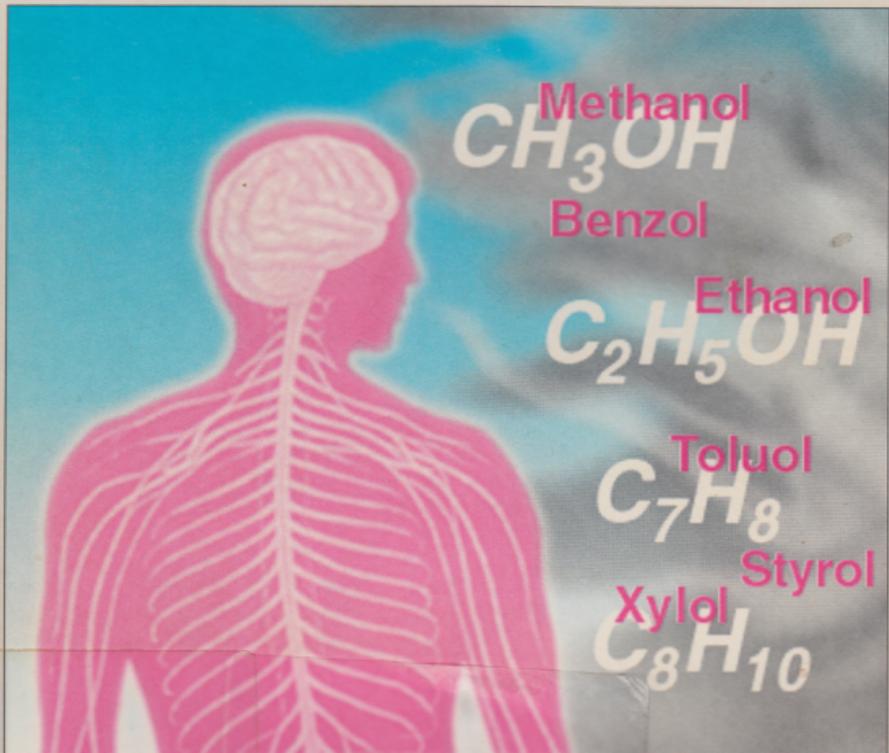


BK-Report

BK 1317

Polyneuropathie oder Enzephalopathie
durch organische Lösungsmittel oder
deren Gemische

3/99



BK-Report 3/99

BK 1317

Polyneuropathie oder Enzephalopathie
durch organische Lösungsmittel oder
deren Gemische

- Allgemeine und arbeitstechnische Hinweise
- Empfehlungen zur ärztlichen Begutachtung

Stand: 26. 4. 1999



HVBG
Hauptverband der
gewerblichen
Berufsgenossenschaften

Der Report zur BK 1317 wurde im Auftrag des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften von einer interdisziplinären Arbeitsgruppe erstellt. Zielbestimmend war die Sicherstellung der Bearbeitung entsprechender BK-Verdachtsfälle auf der Grundlage technischen und medizinischen Expertenwissens im Sinne der Qualitätssicherung von Entscheidungen.

Federführung: Ass. Th. Köhler, Heidelberg

Herausgeber: Hauptverband der gewerblichen
Berufsgenossenschaften (HVBG) -
Alte Heerstraße 111, 53754 Sankt Augustin
Telefon: 0 22 41 / 2 31 - 01
Telefax: 0 22 41 / 2 31 - 13 33
Internet: www.hvbg.de
- September 1999 -

Satz und layout: Prepress- & Media-Service GmbH, Essen

Druck: DZS GmbH

ISBN: 3-88383-535-8

Kurzfassung

Die Bundesregierung hat durch die Berufskrankheiten-Verordnung (BKV) vom 31. Oktober 1997 die Liste der Berufskrankheiten um die Nr. 1317 (Polyneuropathie oder Enzephalopathie durch organische Lösungsmittel oder deren Gemische) erweitert.

Der vorliegende Berufskrankheiten-Report besteht neben einer Einführung in die Rechtsgrundlagen aus zwei unterschiedlichen Themenblöcken. Einen Schwerpunkt bilden arbeitstechnische Hinweise mit Detailinformationen zu den 15 Lösungsmitteln, deren Neurotoxizität nach aktuellem Erkenntnisstand gesichert ist. Der Report enthält Übersichten über das Vorkommen dieser Stoffe in verschiedenen Branchen sowie Stoffdossiers mit speziellen Informationen, u.a. chemische und physikalische Daten, Grenzwerte und Aufnahmewege. Der technische Ermittler erhält Hilfestellung in Form einer Checkliste für die detaillierte Beschreibung der Expositionsverhältnisse. Ein spe-

zielles Kapitel ist den technischen Informationen über typische Lösungsmittelgemische gewidmet.

Den zweiten Schwerpunkt des Reports bilden die Empfehlungen zur ärztlichen Begutachtung, die auf den Erkenntnissen von Mitgliedern der Arbeitsgruppe beruhen, die über umfangreiche Erfahrungen aus der Beobachtung, Behandlung und Beurteilung entsprechender Krankheiten verfügen. Einem Anhang sind zusätzliche Informationen zur Frage einer relevanten beruflichen Einwirkung von Einzelstoffen und Gemischen, ein Formulierungsvorschlag für einen Gutachtenauftrag sowie bewertende Zusammenfassungen von Literaturdaten mit Angaben zur Wirkungsschwelle einzelner Stoffe und Gemische zu entnehmen.

Der BK-Report bietet damit den Berufsgenossenschaften und den ärztlichen Gutachtern eine fundierte Beurteilungsgrundlage für die neue Berufskrankheit Nr. 1317.

Abstract

By virtue of the ordinance on occupational diseases (BKV) of 31 October 1997, the federal German government has extended the list of occupational diseases to include item no. 1317 (polyneuropathy or encephalopathy caused by organic solvents or mixtures of the same).

This report on occupational diseases comprises an introduction to the legal basis and two main sections covering two different subject areas. One main section presents a basis for investigative work, with detailed information on the 15 solvents whose neurotoxicity is confirmed on the basis of the knowledge currently available. The report contains overviews specifying the incidence of these substances in various branches and dossiers on the substances containing special information, including chemical and physical data, statutory limits and intake channels. The technical investigator is provided with assistance in the form of a check-list for a detailed description of the

individual case of exposure. A special section is devoted to technical information on typical solvent mixtures.

The second main section of the report consists of recommendations for medical assessments. These recommendations are based on the findings and knowledge of members of the study group who possess extensive experience in the observation, treatment and assessment of such diseases. An appendix provides supplementary information on exposure to individual substances and mixtures at the workplace, a draft application for an assessment and synopses of data to be found in relevant literature, specifying the effective thresholds of individual substances and mixtures.

This report thus provides the employers' liability insurance associations and the medical assessors with a sound basis for assessment of the newly defined occupational disease, no. 1317.

Résumé

Le gouvernement allemand a élargi la liste des maladies professionnelles, par le décret des maladies professionnelles du 31 octobre 1997, en ajoutant le Nr. 1317 (polyneuropathie ou encéphalopathie causées par des dissolvants organiques et leurs mélanges).

Le présent rapport sur les maladies professionnelles est composé de deux groupes de thèmes différents, en plus d'une introduction sur la législation. Des indications techniques de travail avec des informations détaillées sur les 15 dissolvants, dont la neurotoxicité est assurée selon l'état actuel des connaissances, forment un point essentiel. Le rapport comprend une vue d'ensemble sur l'apparition de ces matières dans différentes branches ainsi que des dossiers sur des matières avec des informations spéciales, entre autres des données chimiques et physiques, des valeurs limites et des moyens d'absorption. L'enquêteur technique reçoit une aide sous forme de liste de vérifications pour la description détaillée des conditions d'exposition. Un chapitre spécial est con-

sacré aux informations techniques sur les mélanges typiques des dissolvants.

Les recommandations pour les expertises médicales qui reposent sur les connaissances des membres du groupe de travail forment le second point essentiel du rapport. Ces membres disposent d'une riche expérience de part leur observation, traitement et estimation des maladies correspondantes. Vous pouvez trouver, dans un appendice, les informations supplémentaires sur la question: dans quelles mesures les matières séparées ou mélangées ont une influence importante professionnelle, une proposition de formulation pour un contrat d'expertise ainsi que des résumés avec évaluation de données de littérature avec indications du seuil d'action des matières séparées ou mélangées.

Le rapport des maladies professionnelles offre ainsi aux caisses mutuelles d'assurance accident et aux experts médicaux une base d'appréciation bien fondée pour les nouvelles maladies professionnelles Nr. 1317.

Resumen

El Gobierno Federal ha ampliado la lista de las enfermedades laborales por la enfermedad n° 1317 (polineuropatía o encefalopatía causada por disolventes orgánicos o mezclas de los mismos), mediante el Reglamento sobre las Enfermedades Laborales del 31 de octubre de 1997

El presente informe de enfermedades laborales, además de dar una introducción en la base jurídica del tema, consta de dos bloques temarios. Un enfoque trata sobre las indicaciones técnicas con información detallada respecto a los 15 disolventes cuya neurotoxicidad, según los conocimientos actuales, está comprobada. El informe contiene cuadros sobre la incidencia de estas sustancias en las distintas ramas industriales así como informes sobre sustancias con informaciones específicas, entre otras, datos químicos y físicos, límites y vías de captación. Se proporciona una ayuda al perito técnico en forma de una lista de chequeo para poder elaborar una descripción detallada de las proporciones de la exposi-

ción. Un capítulo especial está dedicado a la información técnica sobre mezclas típicas de disolventes.

En el segundo bloque, el informe centra su enfoque en las sugerencias para el examen médico, que se basan en los conocimientos de los miembros del grupo de trabajo que disponen de amplias experiencias ganadas en la observación, el tratamiento y la evaluación de las enfermedades correspondientes. Un anexo ofrece informaciones adicionales respecto al efecto laboral que tienen sustancias individuales y mezclas, una propuesta de formulación para un encargo de informe perital así como resúmenes de evaluación sobre los datos de la literatura con indicaciones sobre el umbral de acción de diferentes sustancias y mezclas.

Con este informe de enfermedades laborales las Berufsgenossenschaften y los peritos médicos adquieren una base fundada para evaluar la nueva enfermedad laboral.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	11
I Allgemeines	13
II Arbeitstechnische Hinweise	19
1 Neurotoxische Lösungsmittel	21
2 Ermittlung der Exposition	25
2.1 Einordnung der Arbeitsanamnese in den Ablauf des BK-Verwaltungsverfahrens	25
2.2 Vorgehensweise bei der Ermittlung	28
3 Auswahl von Arbeitsbereichen/Tätigkeiten mit möglicher Exposition gegenüber neurotoxischen Lösungsmitteln	35
3.1 Übersicht: Industriezweig/Arbeitsbereich/Tätigkeit und mögliche relevante neurotoxische Lösungsmittel	35
3.2 Beschreibung von Tätigkeiten/Arbeitsbereichen	38
3.2.1 Chemische Industrie	39
3.2.2 Bauwirtschaft	46
3.2.3 Steine- und Erden-Industrie	52
3.2.4 Holzwirtschaft	54
3.2.5 Umgang mit styrolhaltigen Reaktionsharzen zur Herstellung von Kunststoffteilen	59
4 Stoffdossiers	61
4.1 Benzol	62
4.2 Butanon	68

Inhaltsverzeichnis

4.3	Dichlormethan.....	69
4.4	Ethanol.....	72
4.5	n-Heptan.....	74
4.6	n-Hexan.....	77
4.7	2-Hexanon.....	79
4.8	Methanol.....	80
4.9	2-Methoxyethanol.....	82
4.10	Styrol.....	84
4.11	Tetrachlorethen.....	86
4.12	Toluol.....	89
4.13	1,1,1-Trichlorethan.....	93
4.14	Trichlorethen.....	95
4.15	Xylol.....	98
5	Gemische neurotoxischer Lösungsmittel.....	101
5.1	Mögliche Lösungsmittelgemische.....	101
5.2	Kohlenwasserstoff-Lösungsmittelgemische.....	101
5.3	Verwendung von Lösungsmittelgemischen.....	105
III	Empfehlungen zur ärztlichen Begutachtung.....	107
1	Krankheitsbild und Diagnose.....	109
1.1	Polyneuropathie.....	109
1.1.1	Definition.....	109
1.1.2	Synonyme und Abgrenzung zu anderen Krankheiten.....	109
1.1.3	Leitsymptome der Polyneuropathie.....	109
1.1.4	Hinweise zur Ätiologie und Differentialdiagnose.....	109
1.1.5	Diagnosekriterien der Polyneuropathie.....	110
1.2	Enzephalopathie.....	111
1.2.1	Definition.....	111
1.2.2	Synonyme und Abgrenzung zu anderen Krankheiten.....	111

1.2.3	Hinweise zur Ätiologie und Differentialdiagnose.....	112
1.2.4	Schweregrade der toxischen Enzephalopathie und Prognose.....	113
1.2.5	Diagnosekriterien der Enzephalopathie.....	115
1.2.6	Einordnung von Befindlichkeitsstörungen.....	116
2	Gutachterliche Untersuchung.....	117
2.1	Vorbemerkung.....	117
2.2	Anamnese.....	117
2.3	Allgemeine Untersuchung.....	117
2.4	Klinisch-chemische und arbeitsmedizinisch-toxikologische Untersuchung.....	117
2.5	Neurologische Untersuchung.....	118
2.6	Psychiatrische Untersuchung.....	118
2.7	Psychologische Untersuchung.....	119
3	Kriterien für die rechtliche und medizinische Beurteilung der BK 1317.....	123
3.1	Allgemeine rechtliche Hinweise.....	123
3.2	Arbeitstechnische Voraussetzungen.....	124
3.2.1	Neurotoxische Lösungsmittel.....	125
3.2.2	Expositionshöhe.....	125
3.2.3	Expositionsdauer.....	127
3.2.4	Risikoarbeitsplätze.....	127
3.3	Krankheitsbild.....	127
3.4	Krankheitsverlauf.....	127
3.5	Andere Ursachen.....	128
3.6	Synoptische Wertung.....	129
4	MdE-Bewertung.....	131
4.1.1	Polyneuropathie.....	131
4.2	Enzephalopathie.....	133

5	Hinweise zur Rehabilitation	135
6	Anhang	137
6.1	Muster eines Gutachtauftrags für die BK 1317	137
6.2	Abschätzung von neurotoxischen Schwellenwerten für Lösungsmittel	138
6.3	Abschätzung von neurotoxischen Schwellenwerten bei Exposition gegenüber organischen Lösungsmittelgemischen	144
6.3.1	Ziel	144
6.3.2	Methode	146
6.3.3	Ergebnisse und Diskussion	147
6.3.4	Schlussfolgerungen	150
	Abkürzungsverzeichnis/Einheiten	157
	Literatur	159
	Autoren	175

Die für die Feststellung von Berufskrankheiten typischen Probleme bei der Tatsachenermittlung im Hinblick auf Art und Umfang schädigender Einwirkungen und bei der Bewertung des Sachverhalts im Rahmen der medizinischen Begutachtung treffen auch auf die Berufskrankheit Nr. 1317 zu.

Dabei ist allgemein anerkannt, daß bei fehlender Dokumentation von Einwirkungen an nicht mehr vorhandenen und nicht rekonstruierbaren Arbeitsplätzen auf Erkenntnisse aus Katastern und Daten von vergleichbaren Arbeitsplätzen zurückgegriffen werden darf. Wie der BK-Report „Faserjahre“ und der BK-Report „BaP-Jahre“ soll auch der vorliegende Report helfen, Quantität und Qualität einer beruflichen Einwirkung in Fällen der Praxis bestmöglich zu belegen.

Es war dem Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG) ein Anliegen, im Rahmen dieses BK-Reports für die BK 1317 Begutachtungsempfehlungen durch eine interdisziplinär besetzte Arbeitsgruppe erarbeiten zu lassen, um

eine einheitliche Rechtsanwendung auf einer wissenschaftlich gesicherten Basis zu erreichen.

Diese Ansprüche erfüllt der vorliegende BK-Report, den der Vorstand des HVBG zur Kenntnis genommen und dessen Veröffentlichung er zugestimmt hat. Dabei haben die Vertreter der Versicherten im Vorstand den Abschnitt III.4 mit den Vorschlägen zur Bewertung der durch die Berufskrankheit verursachten Minderung der Erwerbsfähigkeit (MdE) von der Zustimmung ausgenommen, weil – über die BK 1317 hinaus – eine generelle Überprüfung der Bewertungsgrundlagen für die Feststellung der MdE im Hinblick auf Veränderungen des Arbeitsmarktes erfolgen soll. Die generelle Erörterung von Bewertungsgrundlagen für die Feststellung der MdE wird Gegenstand eines wissenschaftlichen Kolloquiums sein, das voraussichtlich im Jahr 2000 stattfinden wird. Sofern sich neue Erkenntnisse ergeben, werden Empfehlungen zur Einschätzung der MdE entsprechend anzupassen sein.

I Allgemeines

I Allgemeines

Mit der Berufskrankheiten-Verordnung (BKV) vom 31. Oktober 1997 (BGBl. I S. 2623) wurde u.a. folgende Position in die Liste der Berufskrankheiten eingefügt:

BK Nr. 1317 – Polyneuropathie oder Enzephalopathie durch organische Lösungsmittel oder deren Gemische.

Bisherige Praxis

Berufskrankheiten durch Lösungsmittel sind nicht neu (vgl. Überschrift zur BK-Gruppe 13 der Berufskrankheiten-Liste, dort noch unter dem Terminus „Lösemittel“).

In der Vergangenheit waren die Einzelpositionen der BK-Gruppe 13 vorwiegend stoffbezogen definiert. Hauptsächlich unter den BK-Nummern 1302 – Erkrankungen durch Halogenkohlenwasserstoffe – und 1303 – Benzol oder seine Homologe – wurden lösungsmittelbedingte Berufskrankheiten bearbeitet. Pro Jahr wurden durchschnittlich 30 bis 50 Fälle mit Krankheiten des Nervensystems durch Lösungsmittel anerkannt. Soweit Stoffe zur Diskussion standen, die nicht in die Systematik der Berufskrankheiten-Liste passten, wurde die Frage der Entschädigung nach neuen Erkenntnissen außerhalb der Berufskrankheiten-Liste geprüft. Einzelne Fälle wurden nach § 551

Abs. 2 RVO anerkannt, darunter einige Fälle mit Krankheiten des peripheren Nervensystems durch n-Hexan.

Abgrenzung verschiedener BK-Nummern

Die neue BK 1317 „Polyneuropathie oder Enzephalopathie durch organische Lösungsmittel oder deren Gemische“ schließt die bisherige Lücke hinsichtlich der zu berücksichtigenden Arbeitsstoffe. Alle neurotoxischen Lösungsmittel und insbesondere deren Gemische sind somit Gegenstand der BK 1317. Der gegenwärtige Stand ist im technischen Teil dieses Reports und in der Begutachtungsempfehlung (unter Kausalität) beschrieben. Eine Ergänzung kann entsprechend dem Erkenntnisfortschritt ohne neue Legaldefinition erfolgen.

Ein Teil der bisher unter anderen BK-Nummern bearbeiteten Fälle wird künftig in der BK 1317 aufgehen. Soweit sich eine Konkurrenz zwischen verschiedenen Nummern der Berufskrankheiten-Liste ergibt, soll nach Auskunft des Bundesarbeitsministeriums die hinsichtlich des Erkrankungsbildes speziellere Ziffer, hier also die BK-Nummer 1317, vorrangig sein. Demgemäß wird also eine durch Benzol verursachte Enzephalopathie nicht mehr unter Nr. 1303, sondern unter Nr. 1317 zu bearbeiten sein.

Die BK 1317 ist hinsichtlich der berücksichtigungsfähigen Krankheitsbilder auf Polyneuropathien oder Enzephalopathien beschränkt. So sind mögliche andere Zielorgane, z.B. Leber oder Niere, nicht im Rahmen der BK 1317 zu bearbeiten. Bei Erkrankungen außerhalb des Nervensystems müssen daher weiterhin die Beschränkungen anderer Listennummern hinsichtlich der definierten Stoffe und Stoffgruppen berücksichtigt werden. Andere neurologische Krankheitsbilder wie Parkinson-Syndrom oder Multiple Sklerose fallen ebenfalls nicht unter diese Berufskrankheitennummer. Für diese Krankheiten ist ein Zusammenhang mit der Einwirkung von Lösungsmitteln bisher wissenschaftlich nicht belegt.

Die Anwendung der BK 1317 ist nur auf Versicherungsfälle möglich, die nach dem 31.12.1992 eingetreten sind. (§ 6 Abs. 1 BKV). Wenn der Versicherungsfall (§ 9 Abs. 5 SGB VII) vorher zu datieren ist, ist das Vorliegen einer BK 1317 nach der Rückwirkungsklausel ausgeschlossen und der Fall ggf. nach Nr. 1302 ff. BK-Liste zu prüfen.

Inhalt des BK-Reports

In dem vorliegenden BK-Report werden die für das Berufskrankheitenverfahren relevanten technischen Informationen über Lösungsmittel beschrieben. Insbesondere wurden

Daten über Belastungen mit Lösungsmitteln in bestimmten Branchen und an bestimmten Arbeitsplätzen zusammengetragen, auf die bei der Ermittlung im Einzelfall hilfsweise zurückgegriffen werden kann, wenn am jeweiligen Arbeitsplatz des Versicherten nicht mehr alle Fakten ermittelbar sind. Die technischen Informationen sollen vor allem dem Technischen Aufsichtsbeamten helfen, die Expositionssituation vollständig und gründlich zu erfassen und zu bewerten. Sind zu dem konkreten Arbeitsplatz des Versicherten Daten vorhanden, sind vorrangig diese bei der Beurteilung zugrunde zu legen und nicht die Daten aus dem Arbeitsbereichskataster.

Weiterhin enthalten ist eine in Zusammenarbeit mit medizinischen Sachverständigen erstellte Arbeitshilfe für die Begutachtung. Die Beachtung der Begutachtungsempfehlungen gewährleistet die Gleichbehandlung aller Versicherten auf der Basis des aktuellen medizinischen Wissensstandes.

Der BK-Report soll die Voraussetzungen für eine gute inhaltliche Qualität der Entscheidung schaffen. Die technischen Informationen dienen der Erstellung einer fundierten Arbeitsanamnese. Mit den Empfehlungen zur Begutachtung sollen die Voraussetzungen für die medizinisch richtige Einordnung geschaffen werden. In das Kapitel III „Empfehlungen zur ärztlichen Begutachtung“

wurden auch versicherungsrechtliche Hinweise zur Kausalität aufgenommen.

Auf die Erstellung allgemeiner, umfassender Bearbeitungshinweise für die Sachbearbeitung in Form von Ablaufschemata etc. wurde verzichtet, weil eine sachgerechte Berufskrankheitenbearbeitung nicht wesentlich von der speziellen Berufskrankheit abhängt und allgemeine Abläufe in anderen Arbeitshilfen (z.B. BK-Handbuch, IFA Report „Faserjahre“) ausreichend beschrieben sind.

Interdisziplinäre Begutachtung

In den Anhang des Reports ist ein Vorschlag für die Formulierung eines Gutachenauftrags aufgenommen. Der Gutachenauftrag wird im Regelfall an einen Arbeitsmediziner gerichtet, dem hauptverantwortlich die Beantwortung der Zusammenhangsfrage obliegt. Die Berufsgenossenschaft erteilt dem Arbeitsmediziner die Genehmigung bzw. den Auftrag, erforderliche Zusatzgutachten auf neurologischem/psychiatrischem Fachgebiet einzuholen. Es gehört zur Aufgabe des neurologisch-psychologischen Gutachters, für eine qualifizierte psychologische Diagnostik Sorge zu tragen. In der Mehrzahl der Fälle wird er einen klinischen Neuropsychologen mit der Erstattung eines psychologischen Zusatzgutachtens beauftra-

gen, sofern ihm eine eigene neuropsychologische Beurteilung nicht möglich ist.

Dabei beschränkt sich die Mitwirkung des Psychologen nicht auf die reine Auswertung von Tests und die Beschreibung von Defiziten, da nicht allein die Minderung psychischer Leistungsfunktionen, sondern auch die im Rahmen der toxischen Enzephalopathie mögliche organische psychische Wesensänderung zu beurteilen ist.

So sind auch in psychologischen und neuropsychiatrischen Gutachten organische psychische Störungen von nicht-organischen Störungen abzugrenzen. Hingegen ist die Beurteilung der Kausalität eine interdisziplinärärztliche Aufgabe und in der Gesamtschau hauptsächlich vom Arbeitsmediziner zu leisten. Im neurologisch-psychiatrischen Zusatzgutachten und im arbeitsmedizinischen Gesamtgutachten ist ein begründeter Vorschlag für die Einschätzung der MdE unter Berücksichtigung der durch die Behinderung auf dem allgemeinen Arbeitsmarkt verschlossenen Erwerbsmöglichkeiten zu unterbreiten.

Die Gutachten sind von der auftraggebenden Verwaltung auf Schlüssigkeit zu prüfen. Die Berufsgenossenschaft hat eigenverantwortlich über das Vorliegen der Anerkennungsvoraussetzungen und über Art und Umfang von Leistungen nach den entsprechenden Rechtsvorschriften zu befinden.

II Arbeitstechnische Hinweise

I Neurotoxische Lösungsmittel

Die auf den folgenden Seiten genannten 15 Gefahrstoffe sind dem Begründungspapier zur BK 1317 „Polyneuropathie oder Enzephalopathie durch organische Lösungsmittel oder deren Gemische“ entnommen und werden in diesem Report hin-

sichtlich der technischen Anwendung dargestellt. In der folgenden Tabelle werden die wichtigsten Informationen zu den 15 neurotoxischen Lösungsmitteln aufgelistet (Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 355/1, 30.12.1998).

Tabelle 1:

Neurotoxische Lösungsmittel – CAS-Nummer, Einstufung, Luftgrenzwert, Siedepunkt, Dampfdruck, Sicherheitsdatenblatt, BK-Code

1 Lösungsmittel	2 CAS-Nr. ZVG-Nr.	3			4 Einstufung	5 Luftgrenzwert (11/1998)	6 Siedepunkt	7 Dampfdruck	8 SDB Gew. %	9 BK- Code
		1	2	3						
Aliphatische Kohlenwasserstoffe										
n-Heptan	142-82-5 13820				F; R11 Xn; R65 Xi; R38 R67 N; R50-53	2000 mg/m ³	98,43	48,0	5,0	1317
n-Hexan	110-54-3 510789			R _F -3	F; R11 R62 Xn; R65-48/20 Xi; R38 R67 N; R51-53	180 mg/m ³	68,74	160,0	1,0	1317
Ketone										
2-Butanon (MEK, Ethylmethylketon, Methylethylketon)	78-93-3 13330				F; R11 Xi; R36 R66 R67 H	600 mg/m ³	79,57	105,0	1,0	1317
2-Hexanon (Butyl- methylketon, Methylbutylketon)	591-78-6 31940			R _F -3	R10 R62 T; R48/23 R67	21 mg/m ³	127,20	3,5	0,1	1317
Alkohole										
Ethanol (Ethylalkohol)	64-17-5 10420				F; R11	1900 mg/m ³	78,33	59,0	5,0	1317
Methanol (Methylalkohol)	67-56-1 11240				F; R11 T; R23/24/25- 39/23/24/25 H	260 mg/m ³	64,51	128,6	0,1	1306 1317
Glykolether										
2-Methoxyethanol (Ethandiolmono- methylether)	109-86-4 10630			R _F -2 R _F -2	R10 R60-61 Xn; R20/21/22 H	15 mg/m ³	124,60	8,1	0,1	1317
Aromatische Kohlenwasserstoffe										
Benzol (Benzen)	71-43-2 10060	K1	M2		F; R11 R45 T; R48/23/24/25	8 mg/m ³ 3,2 mg/m ³	80,10	99,7	0,1	1303 1317
Styrol (Vinylbenzol, Phenylethylen)	100-42-5 10110				R10 Xn; R20 Xi; R36/38	85 mg/m ³	145,14	6,2	1,0	1303 1317
Toluol (Methylbenzol)	108-88-3 10070				F; R11 Xn; R20	190 mg/m ³	110,63	27,8	1,0	1303 1317
Xylol (o-, m-, p- Dimethylbenzol)	10080 95-47-6 18470 108-38-3 18480 106-42-3 18490				R10 Xn; R20/21 Xi; R38 H	440 mg/m ³	o: 144,41 m: 139,10 p: 138,35	o: 6,7 m: 8,0 p: 8,2	1,0	1303 1317
Chlorierte aliphatische Kohlenwasserstoffe										
Dichlormethan (Methylenchlorid)	75-09-2 12630	K3			R40	360 mg/m ³	40,67	460,9	1,0	1302 1317
Tetrachlorethen (Perchloroethylen, Per)	127-18-4 13680	K3			R40 N; R51-53	345 mg/m ³	121,20	18,9	1,0	1302 1317
1,1,1-Trichlorethan	71-55-6 26940				Xn; R20 N; R59	1080 mg/m ³	73,70	133,0	1,0	1302 1317
Trichlorethen (Tri, Trichlorethylen)	79-01-6 10720	K3			R40 R52-53	270 mg/m ³	86,70	77,1	1,0	1302 1317

Legende zu Tabelle 1:

- Spalte 1** Name des Lösungsmittels und seiner gängigen Synonyme
- Spalte 2** Die CAS-Nummer ist eine international übliche Code-Nr. zur eindeutigen Identifikation chemischer Verbindungen. Diese Nummer wird einmal vom Chemical Abstracts Service der American Chemical Society jedem chemischen Stoff zugeordnet. Die ZVG-Nummer ist die zentrale Vergabe-Nummer des Gefahrstoffinformationssystems der gewerblichen Berufsgenossenschaften GESTIS.
- Spalte 3** Einstufung
- Unterspalte 1:** **Krebserzeugendes Potential (Auszug)**
K1 Stoffe, die beim Menschen bekanntermaßen krebserzeugend wirken. Es sind hinreichende Anhaltspunkte für einen Kausalzusammenhang zwischen der Exposition eines Menschen gegenüber dem Stoff und der Entstehung von Krebs vorhanden. (Einstufung durch EU-Kommission)
K3 Stoffe, die wegen möglicher krebserregender Wirkung beim Menschen Anlaß zur Besorgnis geben, über die jedoch nicht genügend Informationen für eine befriedigende Beurteilung vorliegen. Aus geeigneten Tierversuchen liegen einige Anhaltspunkte vor, die jedoch nicht ausreichen, den Stoff als gefährlicher einzustufen. (Einstufung durch EU-Kommission)
- Unterspalte 2:** **Erbgutveränderndes Potential (Auszug)**
M2 Stoffe, die als erbgutverändernd für den Menschen angesehen werden sollten. Es bestehen hinreichende Anhaltspunkte zu der begründeten Annahme, daß die Exposition eines Menschen gegenüber dem Stoff zu vererbaren Schäden führen kann. Diese Annahme beruht im allgemeinen auf folgendem: geeignete Tierversuche oder sonstige relevante Informationen.
- Unterspalte 3:** **Fortpflanzungsveränderndes Potential (Auszug)**
R_F-2 Stoffe, die als beeinträchtigend für die Fortpflanzungsfähigkeit (Fruchtbarkeit) des Menschen angesehen werden sollen.
R_F-3 Stoffe, die wegen möglicher Beeinträchtigung der Fortpflanzungsfähigkeit (Fruchtbarkeit) des Menschen zur Besorgnis Anlaß geben.
R_E-2 Stoffe, die als fruchtschädigend (entwicklungsschädigend) für den Menschen angesehen werden sollen.
- Unterspalte 4:** **Gefahrensymbol, R-Sätze, Bemerkungen TRGS 900**
 Diese Spalte enthält die Gefahrensätze (R-Sätze) und Gefahrensymbole der Einstufung. Diese Einstufung wirkt sich nicht nur auf die Kennzeichnung, sondern auch auf weitere Rechts- und Verwaltungsvorschriften aus. Die Kennzeichnung H (hautresorptiver Stoff) wurde der TRGS 900 entnommen
Gefahrensymbole: (Auszug)
 F (Leichtentzündlich) Xi (Reizend) N Umweltgefährlich
 Xn (Gesundheitsschädlich) T (Giftig)
 Detaillierte Informationen und Definitionen zu den Gefahrensymbolen und R-Sätzen sind der einschlägigen Literatur (z. B. Gefahrstoffverordnung) zu entnehmen.
- Spalte 4** **Aktueller Luftgrenzwert, Stand: Oktober 1998**
 Die in dieser Spalte angegebenen Grenzwerte beziehen sich auf die Konzentration (Gewichts-/Volumenanteil) eines Gefahrstoffes in der Luft am Arbeitsplatz. Für Benzol existieren gesplittete Grenzwerte, siehe Kapitel II. 4.1
- Spalte 5** **Siedepunkt: [°C] unter Normalbedingungen**
- Spalte 6** **Dampfdruck: [mbar] bzw. [hPa]. Die Bezugstemperatur beträgt 20°C, Abweichungen von der Bezugstemperatur stehen in Klammern.**
- Spalte 7** **Gehalt in Gewichtsprozent (Gew.%), ab dem ein Lösungsmittel abhängig von der Einstufung in einem Sicherheitsdatenblatt (SDB) aufgeführt werden muß (TRGS 220).**
- Spalte 8** **Berufskrankheiten-Code für bekannte Auslöser von Berufskrankheiten: (BK-Code). Entnommen aus der Liste der Berufskrankheiten nach der Berufskrankheiten-Verordnung (BKV) vom 31.10.1997.**
Auszug:
 1302: Erkrankungen durch Halogenkohlenwasserstoffe
 1303: Erkrankungen durch Benzol, seine Homologe oder durch Styrol
 1306: Erkrankungen durch Methylalkohol (Methanol)
 1317: Polyneuropathie oder Enzephalopathie durch organische Lösungsmittel oder deren Gemische → neu
 Verwendungsbeschränkungen nach der 2. BImSchV bzw. Verwendungsverbote nach der Gefahrstoffverordnung

2 Ermittlung der Exposition

Zu den Voraussetzungen der BK 1317 gehört, dass eine erkrankungsrelevante Lösungsmittelexposition im Sinne eines Vollbeweises gesichert ist. Grundlagen sind hierfür die Ermittlungen zur beruflichen Exposition durch die Technischen Aufsichtsdienste der Berufsgenossenschaften. Dazu gehört neben den Erhebungen zu beruflichen Tätigkeiten, den benutzten Arbeitsstoffen, betrieblichen Verfahrensabläufen und der Arbeitsplatzsituation insbesondere auch die möglichst genaue Bestimmung der Expositionsdauer und Expositionshöhe.

2.1 Einordnung der Arbeitsanamnese in den Ablauf des BK-Verwaltungsverfahrens

Im Rahmen der Erstbearbeitung werden zunächst beim Versicherten folgende Angaben erfragt:

- Arbeitgeber, relevante
- Beschäftigungszeiten
- Arbeitsplatzbeschreibung, vermutete Exposition
- Arbeitsplatzänderungen
- Art und Verlauf der Erkrankung
- Behandelnde Ärzte
- Betriebsarzt
- Krankenkasse
- Sonstiges (z.B. Vorerkrankungen, Feststellungsinteresse)

Auskünfte über aktuelle und frühere Erkrankungen des Betroffenen von anderen Stellen oder Personen (Ärzten/Krankenkassen) sollen erst eingeholt werden, wenn hinreichende Anhaltspunkte für eine schädigende Einwirkung vorliegen (§ 199 Abs. 3 SGB VII). Dies kann bereits nach den Ersterhebungen beim Versicherten der Fall sein oder zunächst weiterer Angaben des Arbeitgebers bedürfen. Eine arbeitsmedizinische Beratung im Frühstadium bietet sich an. Dem ärztlichen Berater kann die Möglichkeit eingeräumt werden, entweder nach Aktenlage zu beurteilen oder eine Untersuchung durchzuführen. Ein solches Verfahren ist vor allem dann von Vorteil, wenn am Bestehen des Krankheitsbildes einer Enzephalopathie oder Polyneuropathie substantielle Zweifel bestehen. Sofern bereits in diesem Stadium aufgrund der Diagnose oder mangels Hinweisen auf eine berufliche Exposition eine Berufskrankheit ausgeschlossen wird, erübrigen sich weitere Ermittlungen.

Ergeben sich nach den Erstermittlungen ausreichende Anhaltspunkte für die Schlüssigkeit eines BK-Verdachts, umfassen die weiteren Ermittlungen parallel Angaben zur Arbeitsvorgeschichte und zur Erkrankung. Hinsichtlich der Erhebung der Krankheitsvorgeschichte ergeben sich keine Besonderheiten zu anderen Berufskrankheiten. Welche Vorerkrankungen für die Beurteilung der BK 1317 von Bedeutung sind, ergibt

2 Ermittlung der Exposition

sich aus Teil III dieses BK-Reports (Begutachtungsempfehlung 1.1.4 und 1.2.3). Vor Einschaltung des Technischen Aufsichtsdienstes sind in jedem Fall Auskünfte des Arbeitgebers erforderlich. Neben einer Bestätigung der relevanten Beschäftigungszeiten ist konkret nach der Einwirkung von Lösungsmitteln zu fragen.

Die Bedeutung früherer Beschäftigungsverhältnisse kann unterschiedlich sein. Da das erstmalige Auftreten einer Polyneuropathie oder Enzephalopathie in einem gewissen zeitlichen Zusammenhang zu einer Exposition gesehen werden muss, sind weit zurückliegende Beschäftigungsverhältnisse u.U. nicht von so großer Bedeutung wie bei anderen Berufskrankheiten (z.B. BK 4104, 4105). Die Feststellungen können sich daher primär auf die Tätigkeiten in den letzten 10 bis 15 Jahren vor der Meldung konzentrieren. Auf die Bedeutung der Expositionsdauer bei der Beurteilung ist aber zu achten (vgl. Anhang 6.2/6.3).

Nach Vorliegen der Auskünfte des Betriebs und des Versicherten wird der Technische Aufsichtsdienst um die Erstellung der Arbeitsplatzanalyse gebeten.

Die Angaben des Betriebs und des Versicherten werden dem Technischen Aufsichtsbeamten für seine Expertise zur Verfügung gestellt. Weichen seine Ermittlungs-

ergebnisse von diesen Angaben ab, ist hierauf besonders einzugehen. Soweit vom Technischen Aufsichtsdienst vor Ort ermittelt wird, ist der Versicherte berechtigt, an der Untersuchung teilzunehmen (§ 103 Abs. 2 SGB VII). Dies setzt eine vorherige Information des Versicherten vom Termin der Untersuchungen im Betrieb voraus.

Die arbeitstechnische Stellungnahme soll der Verwaltung und dem Gutachter einen möglichst vollständigen Sachverhalt zur Exposition vermitteln.

Insbesondere sind detaillierte Informationen wichtig über

- Tätigkeiten und Arbeitsbereiche des Versicherten
- Art des Umgangs mit Lösungsmitteln
- Art der verwendeten Lösungsmittel (Stoffe, Gemische, Zusammensetzung)
- Konzentration in der Atemluft (Meßwerte; sekundär: Abschätzung nach Datenbank MEGA bzw. BK-Report; ggf. im historischen Verlauf)
- Art und Umfang eines direkten Hautkontaktes (Dauer, Intensität, betroffene Bezirke der Haut etc.)

Dauer der Exposition (täglich, wöchentlich, Zeitraum)

Betriebsärztliche Befunde (Biomonitoring, Vorsorgeuntersuchungen nach den BG Grundsätzen G 10, 14, 17, 29 etc.)

Sonstige Umstände (z.B. Lüftung, persönliche Schutzmittel, Expositionsspitzen)

Gesamtbewertung
Hier soll differenziert auf die Frage der Einwirkung neurotoxischer Lösungsmittel (siehe Teil II.1 und 4) eingegangen werden. Bei Gemischen ist zu begründen, ob und ggf. aufgrund welcher Erkenntnisse neurotoxisch wirkende Komponenten beteiligt waren.

Schlusfolgerungen im Hinblick auf die Frage, ob die Exposition im Einzelfall hinsichtlich ihrer Höhe und Dauer für eine BK 1317 ausreicht, obliegen in der Regel einer arbeitsmedizinischen Beurteilung.

Für die Angabe von Konzentrationswerten ist zu beachten, dass Messungen am Arbeitsplatz des Versicherten Vorrang haben. Die Verwendung der in Teil II.4 genannten durchschnittlichen Konzentrationswerte ist nur statthaft, wenn Messergebnisse

aus dem Arbeitsbereich des Versicherten nicht vorliegen und auch nicht nachgeholt werden können und keine Messdaten aus vergleichbaren Betrieben beschafft werden können.

Da die Luftkonzentrationen am Arbeitsplatz in der Regel bei verschiedenen Messungen unterschiedlich sind, müssen Mittelwerte zugrunde gelegt werden. In den Stoffdossiers sind sog. „50%-Werte“ und „90%-Werte“ angegeben. Der 50%-Wert (Median) ist die Konzentration, bei der 50% aller Messwerte oberhalb, die restlichen 50% unterhalb dieser Schwelle liegen. Im Einzelfall kann je nach Messdichte eine Expositionsabschätzung in der Spanne zwischen dem 50%- und 90%-Wert erfolgen. Um eine Unterschätzung der tatsächlichen Exposition weitgehend auszuschließen, soll in begründeten Fällen (z.B. große Streubreite) im Sinne einer Konvention nicht der Median, sondern der 90%-Wert bei der Beurteilung zugrunde gelegt werden. Dies bedeutet, dass unabhängig von der Verteilung 90% aller vorhandenen Werte unter, die restlichen 10% oberhalb des genannten Konzentrationswertes liegen. Entsprechende Konventionen sind bisher auch schon bei der Ermittlung der Faserjahre zur BK 4104 und der Benzo(a)pyren-Jahre zur geplanten BK „Lungenkrebs durch polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe“ gebräuchlich.

2.2 Vorgehensweise bei der Ermittlung

Der erste Schritt stellt die detaillierte Arbeitsanamnese über den betroffenen Beschäftigten dar. In diesem Kapitel wird ein mögliches Schema zur Vorgehensweise und der Erfassung der erforderlichen Angaben und Daten dargestellt. Auf der Grundlage der detaillierten Arbeitsanamnese ist die relevante Exposition zu ermitteln, das Schema in Abbildung 1 (Seite 30) zeigt den

Entscheidungsweg für die Gewinnung von Daten und Feststellung der spezifischen Exposition.

Zur Durchführung einer Arbeitsanamnese zur BK 1317 wurde von der Maschinenbau- und Metall-Berufsgenossenschaft ein Schema zur Ermittlung der Betriebsdaten (Seite 1) und der Lösungsmittelexposition (Seite 2) vorwiegend für stationäre Arbeitsplätze erarbeitet. Sollten nicht zusammenhängende Expositionszeiten mit neurotoxi-

sehen Lösungsmitteln vorliegen, ist für jeden dieser Zeiträume eine Seite 2 zu erstellen. Um eine Auswertung der Ermittlungsdaten zu ermöglichen, sollte eine Verschlüsselung entsprechend dem BIA-/OMEGA-Schlüsselverzeichnis erfolgen. Zur EDV-gestützten

Eingabe und Auswertung steht eine Software mit den hinterlegten Schlüsselverzeichnissen beim BIA zur Verfügung. Bei mobilen Arbeitsbereichen können auch andere Arbeitsanamneseerhebungen durchgeführt werden.

Arbeitsanamnese zur BK 1317
 Polyneuropathie oder Enzephalopathie durch organische Lösungsmittel oder deren Gemische

lfd. Nummer:

Name, Vorname: (Freitext)

Geburtsdatum: Geschlecht:

Anfragende Stelle: (Freitext)

Unser Zeichen: Az.:

Firma: (Freitext)

Unternehmensnummer:

Hauptbetriebsart: (Angabe nach BIA-Schlüsselverzeichnis – Betriebsarten)

Beschäftigt von: bis:

Beruf: (Angabe nach Tätigkeitsschlüssel des Arbeitsamts)

Ermittlungsdatum:

An der Ermittlung Versichert:

beteiligte Personen: Unternehmer(vertreter):

Sicherheitsfachkraft:

Betriebsrat:

Betriebsarzt:

BG-Mitarbeiter:

Sonstige Personen:

Bemerkungen: (Freitext)

Arbeitsanamnese zur BK 1317

Polyneuropathie oder Enzephalopathie durch organische Lösungsmittel oder deren Gemische

lfd. Nummer:

Name, Vorname: (Freitext)

Schichtdienst/Tätigkeit: von: bis:

Arbeitsort: (Angabe nach BIA-Schlüsselverzeichnis – Betriebsarten)

Abschichten: (Angabe nach BIA-Schlüsselverzeichnis – Arbeitsbereichspläne)

Arbeitszeit: (Freitext)

Arbeitszeit von: bis:

Arbeitsumfang: pro pro

Expos: (Angabe analog OMEGA-Schlüsselverzeichnis – Pos. 15)

Grundbesonderheiten: (Freitext)

Exposführung: (Angabe analog OMEGA-Schlüsselverzeichnis – Pos. 16)

Schichtdienst/Tätigkeit: (Angabe analog OMEGA-Schlüsselverzeichnis – Pos. 17)

Arbeitsort: (Angabe analog OMEGA-Schlüsselverzeichnis – Pos. 18)

Schutzmaßnahmen gegen Emission: (Angabe analog OMEGA-Schlüsselverzeichnis – Pos. 20)

Exposierung (Absaugung): (Angabe analog OMEGA-Schlüsselverzeichnis – Pos. 21)

Arbeitsweise: (Angabe analog OMEGA-Schlüsselverzeichnis – Pos. 14)

Exposgerätschaft: (Freitext)

Expos: (Freitext)

Exposgerätschaft: (Freitext)

Exposmittel: (Produktname in Freitext)

Exposmittel: nein ja, und zwar:

Exposmittel vorhanden: nein ja, abrufbar bei:

Bemerkungen: (Freitext)

Konzentration neurotoxischer Lösungsmittel im Arbeitsbereich

Expos	Lösungsmittel	Konzentration	ermittelt anhand	Bemerkungen
	Auswahl aus Liste der neurotoxischen Lösungsmittel		Meßergebnis nach IRCS 402 BIA-Report Schätzung	

2 Ermittlung der Exposition

Ermittlung der Exposition

Die untenstehende Graphik zeigt einen Vorschlag zur Vorgehensweise bei der Ermittlung der Exposition gegenüber neurotoxischen Lösungsmitteln.

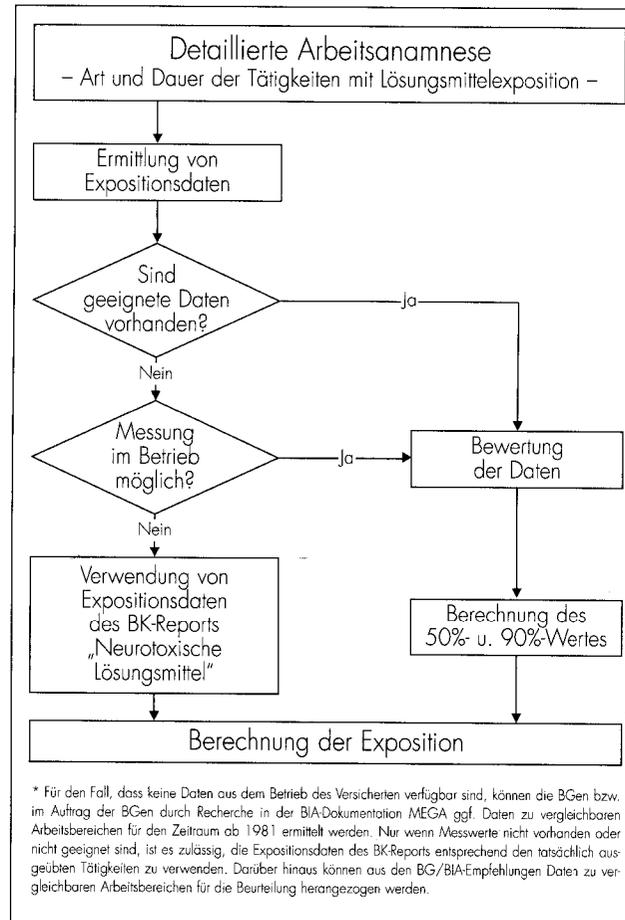


Abbildung 1:
Schema zur Ermittlung der Exposition gegenüber neurotoxischen Lösungsmitteln

Bei der **Ermittlung der** für die jeweiligen Tätigkeiten bzw. Arbeitsbereiche spezifischen **Expositionen** aus Messungen, aus dokumentierten Messergebnissen, aus den Expositionsangaben in Teil II.4 („Stoffdossiers“) ist zunächst festzustellen, für welchen Zeitraum (im Rahmen eines Arbeitstages) der gefundene Expositionswert maßgeblich ist. Hierbei kann es sich entweder um eine Schicht und damit um einen Schichtmittelwert handeln, ggf. gemittelt über Zeiträume unterschiedlicher Exposition bzw. auch ohne Exposition oder um einen tätigkeitsbezogenen Wert mit einem tätigkeitspezifischen Bezugszeitraum.

Da auch die Ergebnisse einschlägiger arbeitsmedizinischer Untersuchungen durch Betriebs- oder ermächtigte Ärzte oder von Untersuchungen im biologischen Material (Biomonitoring) wertvolle Rückschlüsse auf eine Exposition geben können, ist die Nachfrage hierzu immer erforderlich. Einzelheiten zu BAT-Werten finden sich in den Stoffdossiers in Teil II.4.

Beispiel für die Ermittlung der Lösungsmittelbelastung eines GFK-Warenherstellers:

Ein Beschäftigter hat von 1987 bis 1997 als GFK-Warenhersteller (Glasfaserverstärkte Kunststoffe) gearbeitet und dabei regelmäßig folgende Tätigkeiten ausgeführt:

- Manipulieren und Lagern von Prepregmatten
- Bedienen der Presse
- Mechanische Nachbearbeitung der gehärteten GFK-Formteile (Entgraten, Schneiden)
- Manipulieren und Lagern der Endprodukte

Exponiert war er dabei gegenüber Styrol beim „Bedienen der Presse“, wobei er diese Tätigkeit ca. drei Stunden am Tag im Durchschnitt ausübte. Im Stoffdossier Styrol (Teil II.4.10) sind zum „Heißpressen“ tätigkeitsbezogene Werte (Tabelle 18) verzeichnet, die als näherungsweise spezifisch für die Exposition während einer ganzen Schicht bei Ausübung der Tätigkeit „Bedienen der Presse“ mit den üblichen Unterbrechungen anzusehen sind.

Der Beschäftigte war also

- über einen Zeitraum von 10 Jahren
- im Durchschnitt 3 Stunden pro Tag
- einer Exposition von bis zu 145 mg/m^3 Styrol ausgesetzt (Tabelle 18), auf den 8-Stunden-Arbeitstag umgerechnet: $3/8 \cdot 145 \text{ mg/m}^3 = 54 \text{ mg/m}^3$

Beispiel für die Ermittlung der Lösungsmittelbelastung eines Schlossers, der Lackierarbeiten durchgeführt hat:

Ein Beschäftigter hat von 1993 bis 1997 als Schlosser gearbeitet und dabei regel-

2 Ermittlung der Exposition

mäßig Lackierarbeiten (Farbspritzern) ausgeführt.

Exponiert war er dabei gegenüber Butanon, Ethanol, n-Heptan, Methanol, 2-Methoxyethanol und Toluol, wobei er diese Tätigkeit ca. 4 Stunden am Tag im Durchschnitt ausübte. In den entsprechenden Stoffdossiers (Teil II. 4.2, 4.4, 4.5, 4.8, 4.9, 4.12) sind zum „Farbspritzern“ tätigkeitsbezogene Werte verzeichnet, die als näherungsweise spezifisch für die Exposition während einer ganzen Schicht bei Ausübung der Tätigkeit „Lackieren (Farbspritzern)“ mit den üblichen Unterbrechungen anzusehen sind.

Der Beschäftigte war also

- über einen Zeitraum von 5 Jahren
- im Durchschnitt 4 Stunden pro Tag
- folgenden Expositionen ausgesetzt:

Butanon bis zu 22 mg/m^3 ,
auf Schicht umgerechnet:

$$4/8 \cdot 22 \text{ mg/m}^3 = 11 \text{ mg/m}^3$$

Ethanol bis zu 18 mg/m^3 ,
auf Schicht umgerechnet:

$$4/8 \cdot 18 \text{ mg/m}^3 = 9 \text{ mg/m}^3$$

n-Heptan bis zu 10 mg/m^3 ,
auf Schicht umgerechnet:

$$4/8 \cdot 10 \text{ mg/m}^3 = 5 \text{ mg/m}^3$$

2-Methoxyethanol: keine Exposition
($<$ analytische Bestimmungsgrenze)

Toluol bis zu 65 mg/m^3 ,
auf Schicht umgerechnet:

$$4/8 \cdot 65 \text{ mg/m}^3 = 33 \text{ mg/m}^3$$

Beispiel für die Ermittlung der Lösungsmittelbelastung eines Bodenlegers:

Der Betroffene war von 1965 bis Ende 1997 als Bodenleger tätig. In den letzten 10 Jahren hat er unter anderem mit Neoprenklebern gearbeitet. Inhaltsstoffe dieser Klebstoffe sind u.a. Methylacetat, Aceton, Toluol, Methanol und Butanon. Die Luftgrenzwerte für einzelne Stoffe und insbesondere der Summengrenzwert nach TRGS 403 wurden hier regelmäßig um ein Mehrfaches überschritten. Daneben wurden, je nach Unterboden und zu verlegendem Belag, auch andere Klebstoffe eingesetzt, bei denen geringere Lösungsmittelbelastungen vorlagen.

In den von dem Betroffenen verarbeiteten Klebstoffen war auch in geringeren Mengen n-Hexan enthalten. Die Konzentrationen in der Atemluft an n-Hexan sind allerdings gering gewesen, unter einem Zehntel des Luftgrenzwertes. Toluolhaltige Produkte wurden bis Anfang der 90er Jahre häufig eingesetzt, dann ging der Anteil dieser Produkte am Markt auf Grund der für Toluol diskutierten fruchtschädigenden Wirkung deutlich zurück. Seit Mitte der 90er Jahre werden toluolhaltige Bodenbelagsklebstoffe kaum noch eingesetzt.

Wie alle selbständigen Bodenleger hat auch der Betroffene in der Regel mehr als

acht Stunden pro Tag und häufig mehr als fünf Tage pro Woche gearbeitet.

Unter Bezug auf die neurotoxischen Schwellenwerte ist die Belastung des Betroffenen durch neurotoxische Stoffe 1987 bis etwa 1992 beim Einsatz von Neoprene-Klebstoffen relativ groß gewesen. Dies gilt insbesondere unter Berücksichtigung der für Gemische wie Butanon und Toluol geltenden sehr niedrigen neurotoxischen Gemischtschwellenwerte. Hier können Überschreitungen des Summengrenzwertes für die neurotoxischen Stoffe bis über das Zehnfache angenommen werden.

Für die toluolfreien Klebstoffe ist von einer Einhaltung des Summengrenzwertes für die neurotoxischen Stoffe auszugehen.

Insgesamt bleibt festzuhalten, dass von etwa 1987 bis 1992 erhebliche Belastungen durch neurotoxische Stoffe vorgelegen haben, bei einzelnen Klebstoffen deutlich über dem Summengrenzwert für die neurotoxischen Stoffe. Je nach verwendetem Klebstoff können diese Arbeiten über mehrere Wochen angedauert haben.

Nach einer Übergangszeit – in der immer weniger toluolhaltige Klebstoffe eingesetzt wurden – sind spätestens seit 1995 fast nur noch toluolfreie Klebstoffe eingesetzt worden. Spätestens seit 1995 ist – von kurzfristigen Ausnahmen abgesehen – daher davon auszugehen, dass keine Belastung durch neurotoxische Lösungsmittel über den neurotoxischen Schwellenwerten vorlag.

3 Auswahl von Arbeitsbereichen/Tätigkeiten mit möglicher Exposition gegenüber neurotoxischen Lösungsmitteln

3.1 Übersicht: Industriezweig/Arbeitsbereich/Tätigkeit und mögliche relevante neurotoxische Lösungsmittel

Bei der folgenden Aufstellung ist zu berücksichtigen, dass sich die produktspezifischen Rezepturen durch Verwendungsverbote (* Verwendungsbeschränkung nach BImSchV) bzw. Produktionsumstellungen z.T. erheblich im zeitlichen Verlauf verändert haben. Darüber hinaus werden in einzelnen Branchen anwendungsbedingt spezielle Rezepturen verwendet. Verzeichnet sind die Verfahren, die in den entsprechenden „Stoffdossiers“ in Teil II.4 unter „Verwendung/Einsatzbereiche“ genannt sind. Die Auflistung der Gefahrstoffe erfolgt alphabetisch. Weitere Informationen sind unter den jeweiligen „Stoffdossiers“ in Teil II.4.1 bis 4.15 zu finden.

Chemische Industrie (Herstellung von Grundstoffen und Zubereitungen)

- Herstellung von Lacken und Farben
Benzol (bis ca. 1980), Butanon, Ethanol, n-Heptan, n-Hexan, Tetrachlorethen*, Toluol (Druckfarbe), 1,1,1-Trichlorethan*, Xylol
- Herstellung von Klebstoffen
Benzol (in der ehemaligen DDR),

Butanon, Ethanol, n-Heptan, n-Hexan, 2-Hexanon, Methanol, 2-Methoxyethanol, Toluol, Tetrachlorethen*, 1,1,1-Trichlorethan*, Trichlorethen*, Xylol

- Herstellung von pharmazeutischen und kosmetischen Produkten
Dichlormethan, Ethanol, n-Heptan, Methanol, Xylol
- Herstellung von Konservierungs- und Desinfektionsmitteln
Ethanol
- Extraktion pflanzlicher Öle in der Lebensmittelindustrie
n-Hexan
- Herstellung von Kunststoffen und Gummi
Butanon, n-Hexan, 2-Methoxyethanol, Styrol, Trichlorethen*, Xylol
- Herstellung von Natur- und Syntheseharzen
Butanon, n-Hexan, 2-Hexanon, Methanol, 2-Methoxyethanol, Tetrachlorethen*, Toluol, 1,1,1-Trichlorethan*, Xylol
- Herstellung von Reinigern und Verdünnern
Butanon, Dichlormethan, n-Heptan, n-Hexan, Tetrachlorethen*, Toluol, 1,1,1-Trichlorethan*, Trichlorethen*, Xylol

3 Auswahl von Arbeitsbereichen/Tätigkeiten mit möglicher Exposition gegenüber neurotoxischen Lösungsmitteln

- Herstellung von Abbeizern
Dichlormethan, Methanol
- Herstellung von Treibmitteln
Dichlormethan*, Tetrachlorethen*,
1,1,1-Trichlorethan*
- Extraktion von Fetten, Ölen, Wachsen
usw.
Butanon, Dichlormethan, n-Hexan,
Tetrachlorethen*, Trichlorethen*, Toluol
- Synthese von Grundstoffen
Benzol, Ethanol, Methanol, Toluol, Xylol
- Herstellung von Zubereitungen für
den Pflanzenschutz und die Schädlings-
bekämpfung
Dichlormethan, Toluol, Xylol
- Kleben und Reparieren von
Gummitransportbändern
Trichlorethen*
- Kokereien und Nebengewinnungsanlagen
Benzol, Xylol
- Raffinerieanlagen und Tankfelder
Benzol (Ottokraftstoffe), Butanon
(Entparaffinierung von Mineralöl), Xylol
- Herstellung von Kraftstoffen
Benzol (Ottokraftstoffe), Ethanol,
Methanol, Toluol, Xylol

- Be-/Entladen von Tankfahrzeugen und
Tankschiffen, Tankstellen
Benzol (Ottokraftstoffe), (alle übrigen
neurotoxischen Lösungsmittel, sofern sie
transportiert werden)
- Laboratorien
Je nach Aufgabenstellung alle neurotoxi-
schen Lösungsmittel

Metallerzeugung/Metallverarbeitung, Elektrotechnik, Feinmechanik, Holzwirtschaft, Polstermöbelindustrie

- Verarbeitung (Spritzen, Pinseln) von
Lacken und Farben
Benzol (bis ca. 1980), Butanon,
Ethanol, n-Heptan, n-Hexan, 2-Hexanon,
Methanol, 2-Methoxyethanol,
Tetrachlorethen, Toluol (Druckfarbe),
1,1,1-Trichlorethan*, Xylol
- Verarbeitung von Natur- und
Synthescharzen
Butanon, n-Hexan, 2-Hexanon,
Methanol, 2-Methoxyethanol,
Tetrachlorethen, Toluol,
1,1,1-Trichlorethan*, Xylol
- Verarbeitung (Laminieren, Spachteln)
von Reaktionsharzen
Styrol, Toluol

- Verarbeitung (Spritzen, Pinseln,
Spachteln) von Klebstoffen
Benzol (in der ehemaligen DDR),
Butanon, Ethanol, n-Heptan, n-Hexan,
Methanol, 2-Methoxyethanol, Toluol,
1,1,1-Trichlorethan*, Xylol

- Befestigungsanlagen in der Metallindustrie
Tetrachlorethen*

- Verarbeitung von Oberflächenreinigern
(manuell und maschinell)
Butanon, Dichlormethan, n-Hexan,
Tetrachlorethen*, Toluol, 1,1,1-
Trichlorethan*, Trichlorethen*, Xylol

- Verarbeitung von Abbeizern
(Entlacken)
Dichlormethan, Methanol

- Verarbeitung von Treibmitteln
(z.B. Schäumen)
Dichlormethan*, Tetrachlorethen*,
1,1,1-Trichlorethan*

- Reinigung und Wartung von Tanks und
Tankarmaturen
Benzol (Ottokraftstoffe)

- Unfälle (unbeabsichtigtes Entstehen)
Benzol, Ethanol (Herstellen von Cold-Box-
Formen, Auftragen von Formüberzugs-
stoffen)

- Kontrolle/Wartung, Reparatur, Prüfstand
(Fahrzeugbau, Kfz-Werkstätten)
Benzol (Ottokraftstoffe)

Leder-, Textil- und Bekleidungsgewerbe

- Chemischreinigung
Tetrachlorethen*

- Bekleidungsindustrie
1,1,1-Trichlorethan*

- Herstellung von Kunstleder
Butanon

- Verarbeitung (Spritzen, Pinseln,
Spachteln) von Klebstoffen
Benzol (in der ehemaligen DDR),
Butanon, Ethanol, n-Heptan, n-Hexan,
Methanol, 2-Methoxyethanol, Toluol,
1,1,1-Trichlorethan*, Xylol

- Schuhherstellung
Dichlormethan* (bis ca. 1990 als
Trennmittel verwendet bei der Herstellung
von Polyurethanschuhsohlen)

Druckereigewerbe

- Illustrationstiefdruck (Lösungs- und
Reinigungsmittel)
Toluol

3 Auswahl von Arbeitsbereichen/Tätigkeiten mit möglicher Exposition gegenüber neurotoxischen Lösungsmitteln

- Offsetdruck (Reinigungsmittel)
n-Heptan, n-Hexan, 1,1,1-Trichlorethan*, Trichlorethen*
- Siebdruck (Lösungs- und Reinigungsmittel)
n-Heptan, Toluol, Xylol
- Verpackungstiefdruck (Lösungs- und Reinigungsmittel)
Ethanol
- Flexodruck (Lösungs- und Reinigungsmittel)
Ethanol
- Verarbeitung (Laminieren, Spachteln) von Reaktionsharzen (Säurebau)
Styrol, Toluol
- Verarbeitung von Klebstoffen bei Bodenlegerarbeiten
Butanon, Ethanol, n-Heptan, n-Hexan, Methanol, Toluol, Xylol
- Verarbeitung von Holzkiten und Parkettsiegeln
Butanon, Ethanol, Toluol, Xylol
- Verarbeitung von Insektizid- und Holzschutzmittel-Formulierungen
Xylol
- Gebäudereinigungsarbeiten (auch mit Holz-/Steinpflagemittel, Eloxalreiniger)
Butanon, Dichlormethan, Ethanol, n-Hexan, Toluol, Xylol
- Verarbeitung von Abbeizern (Kaltentlacken)
Dichlormethan, Methanol
- Asphaltlaboratorien
Trichlorethen*

Papierindustrie

- Herstellung von Transparentpapier
Butanon
- Imprägnieren
Butanon, Ethanol, n-Heptan, Methanol
- Silikon- und Schutzbeschichtung
1,1,1-Trichlorethan*

Baugewerbe

- Verarbeitung von Lacken und Farben (u.a. Korrosionsschutz)
Butanon, Ethanol, n-Heptan, n-Hexan, 2-Hexanon, Methanol, 2-Methoxyethanol, Toluol, 1,1,1-Trichlorethan*, Xylol

3.2 Beschreibung von Tätigkeiten/Arbeitsbereichen

Im folgenden sind einzelne Tätigkeiten und Arbeitsbereiche hinsichtlich des Umgangs

und möglicher Expositionen gegenüber neurotoxischen Lösungsmitteln eingehender beschrieben.

Es ist im Rahmen dieses Reports nicht möglich, für alle der unter 3.1 genannten Bereiche eine umfassende Darstellung zu geben. Das Fachwissen ist bei den technischen Abteilungen der einzelnen Berufsgenossenschaften für den jeweiligen Bereich vorhanden.

Die beispielhafte Auswahl bedeutet nicht, dass es sich ausnahmslos um besonders belastete Bereiche handelt. Es kann daraus auch nicht geschlossen werden, dass nicht näher beschriebene Arbeitsbereiche im Hinblick auf eine relevante Exposition als unbedeutlich eingestuft werden können.

3.2.1 Chemische Industrie

Herstellung von Lacken und Farben (Anstrichmittel)

Conventionelle lösungsmittelhaltige Lacke bestehen in der Regel aus Bindemittel, Pigmenten, Farbstoffen, Füllstoffen, Additiven und Lösungsmitteln. Der Lösungsmittelanteil liegt üblicherweise zwischen 30 und 100 Gew.%. Das Herstellungsverfahren für Lacke (Farben) gliedert sich in der Regel in solche Hauptarbeitsschritte:

- Ansetzen: Abwiegen der Komponenten und Mischen
- Dispergieren
- Komplettierung der Mischung, Korrektur des Endproduktes
- Qualitätskontrolle
- Sieben und Abfüllen
- Reinigen der Ansetzbehälter

Die festen bzw. flüssigen Inhaltsstoffe werden gewogen bzw. volumetrisch bemessen und in einer bestimmten Reihenfolge in mit Rührwerken versehene Mischgefäße gegeben und solange gerührt, bis eine homogene, schlierenfreie Mischung vorliegt. Diese wird anschließend in Dispergier-einheiten bearbeitet, um eine Feinverteilung und gute Benetzung der Pigmente und Füllstoffe durch die Bindemittel zu erreichen. Danach erfolgt eventuell die Zugabe restlicher Bindemittel- und Additivanteile entsprechend der Rezeptur, und die Farbtöne werden den Vorgaben entsprechend angeglichen. Nach Prüfung der weiteren Spezifikationen werden die Lacke über Siebe geleitet und in Transportgefäße abgefüllt.

Sowohl Ansatzgefäße als auch eventuell zurückgenommene Transportgefäße werden in einer Maschine oder per Hand mit Lösungsmittel gereinigt.

Bei der Herstellung von Beschichtungsstoffen, die eine hohe Viskosität aufweisen,

3 Auswahl von Arbeitsbereichen/Tätigkeiten mit möglicher Exposition gegenüber neurotoxischen Lösungsmitteln

wie Spachtelmassen, Druck- und Künstlerfarben, werden zum Mischen und Dispergieren überwiegend Kneten oder Walzenstühle verwendet.

Als Lösungsmittel wird eine Vielzahl von chemischen Verbindungen, meistens als Gemisch, eingesetzt. Die verwendeten Erdölfraktionen enthalten aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe in Abhängigkeit von ihrem Siedebereich, darunter auch n-Hexan, n-Heptan, Benzol (unter 0,01 %), Toluol und Xylol.

Weiterhin können in typischen Lösungsmittelgemischen Alkohole (auch Ethanol) und Ketone (auch 2-Butanon) enthalten sein. Benzol als Rohstoff wird seit Mitte der 50er Jahre nicht mehr für Lacke verwendet, als Verunreinigung in Kohlenwasserstoffgemischen darf sein Anteil 0,1 % nicht überschreiten. Chlorierte Kohlenwasserstoffe spielen heute keine Rolle mehr bei der Lack- und Farbenproduktion. In der Vergangenheit wurde Trichlorethen für Tauchlacke in größeren Mengen verwendet.

Drahtlacke für die Beschichtung von Kupferdraht für die Elektroindustrie enthalten n-Hexan in Anteilen bis 4,5 %. In Holzlacken konnte bis 1992 maximal 1,5 % n-Hexan enthalten sein. Nach 1992 wurden n-Hexanfreie Lösungsmittel zur Herstellung von Lacken eingesetzt.

Herstellung von Klebstoffen

Kontakt-Klebstoffe

In schnelllaufenden hermetisch geschlossenen Dissolvern werden unter hoher Scherung bei Drehzahlen um 600 UpM Polychloroprenchips in Toluol oder Xylol gelöst. Seit 1989 wurde jedoch Toluol in den meisten Rezepturen durch Xylol ersetzt. Bedingt durch die hohe Kraffteinwirkung, die aufgebracht werden muss, um entsprechend hohe Scherkräfte auf die Polychloroprenchips auszuüben und die damit einhergehende hohe Drehzahl der Dissolver, ist es verfahrensbedingt notwendig, dass der Herstellungsprozess in einem absolut geschlossenen System durchgeführt wird. Um Lösungsmittelverluste bei der Produktion zu minimieren, werden die entstehenden Dämpfe (meist Xylol) über einen Kühlerrückfluss verflüssigt und dem Ansatz wieder zugeführt.

Lediglich bei Altanlagen kann es vorkommen, dass die Polychloroprenchips manuell über das Mannloch in den Dissolver chargiert werden. Hierbei können noch vorhandene Restdämpfe des vorhergehenden Ansatzes (meist Xylol) zu kurzfristiger Lösungsmittelexposition führen.

Das Zuführen des eigentlichen Lösungsmittels geschieht grundsätzlich über ein

Pumpensystem in den geschlossenen Dissolver hinein. Nur in ganz seltenen Fällen ist bei diesem Pumpvorgang kein Gaspenselverfahren installiert, so dass die Verdrängungsdämpfe über Dach abgeführt werden. Hierbei kommt es jedoch zu Kollisionen mit dem BImSchG, so dass auch diese Altanlagen nicht mehr die xylolhaltigen Dämpfe frei in die Atmosphäre emittieren können.

Die Abfüllung erfolgte bis in die 80er Jahre hinein teilweise noch in nicht explosionsgeschützten Abfüllanlagen. Um die Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre zu verhindern, wurden diese Anlagen eingehaust und mit einer Zwangsbe- und -entlüftung betrieben (primärer Explosionsschutz). Hierdurch bedingt hielten sich auch die Xylol bzw. Toluolexpositionen der Mitarbeiter im Abfüllbereich in Grenzen.

Lediglich in den Bereichen, in denen explosionsgeschützte Abfüllmaschinen im Einsatz waren und auf die Fremdbe- und -entlüftung verzichtet wurde, waren erhöhte Emissionen von Toluol- oder Xyloldämpfen feststellbar.

PVC-Lösungsmittelkleber

PVC-Pulver wird in Tetrahydrofuran (THF) und n-Hexan gelöst. Zur Einstellung der Viskosität wird außerdem amorphe Kieselsäure zugegeben.

Da sich bei der Behälterbeschickung das PVC-Pulver sehr leicht elektrostatisch aufladen lässt und mit Büschelentladungsfunken im Dissolver zu rechnen ist, muss insbesondere bei diesem Verfahren auf eine einwandfrei funktionierende Inertisierung mittels Stickstoff geachtet werden, um Explosionen auszuschließen. Hieraus folgt, dass der Prozess in einem absolut geschlossenen System durchgeführt werden muss, so dass bei der Herstellung die Produktionsmitarbeiter nicht lösungsmittel-exponiert sind.

Eine Exposition von Mitarbeitern ist nur bei der Abfüllung des Klebers möglich. Dabei handelt es sich überwiegend um THF-Emissionen.

Wasserbasierende Klebstoffe

In Kasein-, Dextrinleimen oder anderen wasserbasierenden Klebstoffen, die z.B. zum Etikettieren verwendet werden, können bis zu 5 % Lösungsmittel enthalten sein. Hierbei handelt es sich meistens um Ethanol, in seltenen Fällen auch um Isopropanol. Die Zugabe erfolgt, nachdem der wasserbasierende Ansatz hergestellt worden ist. Da es sich bei Ethanol und Isopropanol um wasserlösliche organische Lösungsmittel handelt, ist die Exposition der in diesem Bereich tätigen Mitarbeiter als sehr gering einzustufen.

3 Auswahl von Arbeitsbereichen/Tätigkeiten mit möglicher Exposition gegenüber neurotoxischen Lösungsmitteln

Andere Klebstoffe

Klebstoffe für spezielle Anwendungsgebiete enthalten Trichlorethen oder Tetrachlorethen. In schnelltrocknenden Klebstoffen können je nach Anwendungsgebiet bis zu 1 % n-Hexan, in Kontaktlebern bis zu 2 % n-Hexan enthalten sein. Schaumstoffkleber enthalten Dichlormethan.

Herstellung von Reinigern und Verdünnern

Reiniger

Reinigungsmittel bestehen in der Hauptsache aus Tensiden, organischen Lösungsmitteln und Wasser. Ihre Zusammensetzung unterscheidet sich stark je nach Anwendungsbereich. Die Rohstoffe werden über Rohrleitungen oder manuell in Rührwerke gegeben. Die Rührwerke sind häufig offen. In Abhängigkeit von Art und Menge der eingesetzten Lösungsmittel sind sie mit Deckeln und Absaugungen versehen. Nach dem Mischvorgang werden die Reinigungsmittel maschinell oder manuell abgefüllt. Das Herstellungsverfahren ähnelt sehr dem der Lack- und Farbenherstellung.

Der Anteil der Lösungsmittel kann wenige Prozent bis fast 100 % betragen. Sehr häufig werden Alkohole wie Isopropanol und Ethanol oder aliphatische Kohlenwasser-

stoffe eingesetzt. Zur Entfettung von Metallen wurden in der Vergangenheit überwiegend halogenierte Kohlenwasserstoffe wie Trichlorethen und Tetrachlorethen benutzt.

Eine Exposition der Mitarbeiter ist während der Herstellung besonders bei der Einwaage der Rohstoffe und bei der Abfüllung gegeben. Die Expositionshöhe hängt stark vom Dampfdruck und der Menge der eingesetzten Lösungsmittel ab. Da in der Vergangenheit oft ohne Absaugungen gearbeitet wurde und viele Arbeiten manuell durchgeführt wurden, ist mit einer höheren Exposition (bis Mitte der 80er Jahre) als unter heutigen Bedingungen zu rechnen.

Verdüner

Verdüner sind Stoffe oder Stoffgemische, die zur Verdünnung konzentrierter Stoffe und zur Viskositätseinstellung eingesetzt werden. Dies sind in der Regel leicht verdunstende Flüssigkeiten, die Anstrichstoffen, Lacken, Druckfarben und Kunstharzen während der Herstellung oder der Verarbeitung zugegeben werden. Die Herstellung erfolgt meist in geschlossenen Anlagen. Gelegentlich werden Verdüner, die aus Stoffgemischen bestehen, vor allem in der Lackindustrie in Dissolvern hergestellt.

Alle in der Lackindustrie üblichen Lösungsmittel kommen zum Einsatz. Für Öl- und

Wasserlösungen werden Terpentinöl, Terpentinölnachsatz oder Terpene eingesetzt. Zur Verdünnung von Kunstharzlacken verwendet man aromatische Kohlenwasserstoffe wie Toluol und Xylol, aliphatische Kohlenwasserstoffe wie Alkohole, Ester oder Ketone.

Da in den großen Werken der chemischen Industrie Lösungsmittel in geschlossenen Anlagen produziert werden, ist dort mit einer Exposition der Mitarbeiter in der Regel kaum zu rechnen. Bei Mischvorgängen in der Lackindustrie kann vor allem bei manuellen Tätigkeiten eine Exposition gegenüber Lösungsmitteln auftreten.

Herstellung von Abbeizmitteln

Zum Abbeizen werden Lösungsmittel verwendet, die physikalisch trocknende Bindemittel, z.B. Vinylchlorid-Copolymerisate, Ethylcellulose, oder Polyacrylate und chemisch getrocknete bzw. vernetzte Beschichtungen, z.B. Öllacke, getrocknete Alkydharze, vernetzte Polyesterbeschichtungen, vernetzte Epoxid- und Isocyanatbeschichtungen zu lösen oder stark anzuquellen vermögen. Dichlormethan in Kombination mit niedrigsiedenden Estern oder Ketonen ist dazu besonders geeignet.

Bei den in Deutschland eingesetzten Farbentfernern bzw. Fassadenreinigungsmitteln auf der Basis von Dichlormethan beträgt

dessen Anteil ca. 80 %. Daneben werden 2 bis 5 % an Verdickungsmitteln (Cellulose oder Cellulosederivate), 15 % an Alkoholen wie Methanol oder Isopropanol als Cosolventien, sowie Emulgatoren, Netzmittel und Detergenzien zugesetzt.

Extraktion von Fetten, Ölen, Wachsen usw.

Bei der Feststoffextraktion werden lösliche Bestandteile aus einem Feststoff mit Hilfe von Lösungsmitteln herausgelöst. Technische Extraktionsprozesse sind z.B. die Ölsaatenextraktion, Knochenextraktion, das Gewinnen von Naturstoffen aus Drogen und die Extraktion von Zucker aus Zuckerrüben. Zunächst wird der Feststoff mit dem Lösungsmittel in einem Extraktor vermischt, und das Lösungsmittel muss einwirken. Danach wird die entstandene Extraktionslösung vom ausgelaugten Feststoff getrennt, z.B. durch Zentrifugieren oder Filtrieren. Anschließend wird der Extrakt vom Lösungsmittel destillativ getrennt.

Wenn Flüssigkeitsgemische destillativ nur mit großem Aufwand oder gar nicht getrennt werden können, wird in der Regel eine Flüssig-Flüssig-Extraktion durchgeführt. Einsatzgebiete sind z.B. die Abtrennung von Vitaminen und Aromen aus wässrigen Lösungen oder die Abtrennung der Aromaten aus Erdölfraktionen. Auch hier müssen Flüssigkeitsgemisch und Lösungsmittel intensiv ver-

3 Auswahl von Arbeitsbereichen/Tätigkeiten mit möglicher Exposition gegenüber neurotoxischen Lösungsmitteln

mischt werden. Hierdurch erfolgt der Stoffaustausch von dem Flüssigkeitsgemisch in das Lösungsmittel. Anschließend lässt man die vermischten Flüssigkeiten so stehen, dass sich das zu extrahierende Gemisch und das Lösungsmittel trennen. Am Ende werden die beiden Phasen getrennt und das Lösungsmittel destillativ entfernt.

Je nach Extraktion werden an das Extraktionsmittel (Lösungsmittel) unterschiedliche Anforderungen gestellt. Ein universelles Lösungsmittel gibt es nicht. Eingesetzt werden u.a. Kohlenwasserstoffe wie n-Hexan, Alkohole wie Methanol und Ethanol, chlorierte Kohlenwasserstoffe wie Tetrachlorethen, Trichlorethen, Dichlormethan sowie Aceton, Ether oder Toluol. In der Regel werden Extraktionen kontinuierlich oder diskontinuierlich in geschlossenen Anlagen durchgeführt. Eine Exposition gegenüber Lösungsmitteln kann bei Probenahmen oder der Beseitigung von Filterrückständen auftreten. Wenn Umfüll- und Abfüllvorgänge manuell durchgeführt werden, ist ebenfalls mit einer Exposition zu rechnen.

Tierisches Fett wird in Tierkörperverwertungen (Abdeckereien) gewonnen. Dort wurde vor allem Tetrachlorethylen zum Abtrennen des tierischen Fettes verwendet. In den achtziger Jahren wurde nach und nach die Fettabtrennung mit Tetrachlorethen durch mechanische Verfahren abgelöst. Die

Umstellung auf mechanische Verfahren war Ende der achtziger Jahre abgeschlossen. Die Extraktion von Braunkohle mit Toluol liefert ein Rohwachs, aus dem durch weitere Behandlung mit Dichlormethan reines Montanwachs gewonnen wird.

Synthese von Grundstoffen

Die Synthese von Grundstoffen wie Benzol, Ethanol, Methanol, Styrol, Toluol und Xylol erfolgt ausschließlich in geschlossenen Anlagen. Eine Exposition ist nur in Ausnahmefällen, z.B. bei der Probenahme, Reparatur, Wartung, Abfüllung oder im Störfall möglich. Die genannten Stoffe sind meist wieder Ausgangsmaterial für die Herstellung von Farbstoffen, Kunststoffen, Arzneimitteln, Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmitteln.

Die Stoffe Butanon, Dichlormethan, n-Heptan, n-Hexan, 2-Hexanon, 2-Methoxyethanol, Tetrachlorethen, 1,1,1-Trichlorethan und Trichlorethen werden überwiegend als Lösungsmittel verwendet.

Kleben und Reparieren von Gummitransportbändern

Trichlorethen ist wesentlicher Bestandteil von Klebern, die beim Verkleben der Bandenden von Gummitransportbändern und bei deren Reparatur eingesetzt werden.

Herstellung von Zubereitungen für den Pflanzenschutz und die Schädlingsbekämpfung

Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel kommen üblicherweise in Form von Lösungen in den Handel. Gebräuchliche Lösungsmittel sind unter anderem Dichlormethan, Toluol und Xylol. Eine Exposition gegen diese Lösungsmittel kommt nur beim Ausbringen der Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel vor.

Raffinerieanlagen und Tankfelder

In Raffinerien wird in einem ersten Verarbeitungsschritt Erdöl destillativ in flüchtige Anteile (Destillat) und Destillationsrückstand getrennt. Im Destillat befinden sich neben einer Vielzahl anderer Kohlenwasserstoffe (KW) die aliphatischen KW n-Hexan, n-Heptan und die aromatischen KW Benzol, Toluol, Xylol und Ethylbenzol. Aus bestimmten Destillaten wird im Platformverfahren der Aromatenanteil durch Umwandlung aliphatischer KW erhöht. Dies geschieht insbesondere, um höherwertige Kraftstoffkomponenten mit möglichst großer Oktanzahl zu gewinnen.

Die flüchtigen Zubereitungen werden üblicherweise in Schwimmdachtanks oder Festlauftanks mit Gaspindelung aufbewahrt, um die Emissionen möglichst gering

zu halten. Die Verarbeitungsanlagen sind in der Regel völlig geschlossen, so dass nur bei Probenahmen und Öffnen der Anlagen zu Reparaturen Produkt nach außen gelangen kann. Außerdem sind Raffinerieanlagen ausschließlich Freianlagen. Daher sind üblicherweise KW nur in geringsten Mengen ($< 1 \text{ mg/m}^3$) im Arbeitsbereich nachweisbar.

Herstellen von Kraftstoffen (Ottokraftstoffe)

Vergaserkraftstoffe sind Gemische von geeigneten KW mit verschiedenen Additiven, die die vom Kunden gewünschten fahrtechnischen Eigenschaften aufweisen. Dies sind insbesondere Klopfverhalten, Flüchtigkeit, Dampfdruck. Um diese Eigenschaften zu erhalten, werden verschiedene Komponenten in definierten Mengen in Rohrmischstrecken zusammengebracht und in emissionsarmen Fertigprodukt tanks gelagert. Solche Komponenten sind z.B. Platformat, Raffinat aus der Aromatenherstellung (aromatenfrei), Pyrolysebenzin, ein Nebenprodukt der Herstellung von Ethylen, Propylen, Destillatbenzin als Klopfestigkeit erhöhendes Additiv MTBE (Methyltert.-butylether), Methanol. Die KW, die in Raffinerieanlagen vorkommen, sind auch Bestandteil von Kraftstoffen. Die Mischprozesse finden in geschlossenen Systemen in Freianlagen statt. Die Konzentration an KW liegt dadurch unter 1 mg/m^3 .

3 Auswahl von Arbeitsbereichen/Tätigkeiten mit möglicher Exposition gegenüber neurotoxischen Lösungsmitteln

Be-/Entladen von Tankfahrzeugen und Tankschiffen, Tankstellen

In den Raffinerien werden Kraftstoffe in Tanktransportmittel geladen, um sie zum Verbraucher zu bringen. Zur Verringerung der Emissionen finden zwei Verfahren Anwendung:

- Befüllen der Fahrzeuge von oben (top-loading) und Absaugen der beim Füllen verdrängten Dämpfe
- Befüllen der Fahrzeuge von unten (bottom-loading) mit Drücken der Fülldämpfe in ein geschlossenes Pendelsystem

Diese emissionsarmen Füllverfahren sind beim Hersteller von Kraftstoffen in den letzten Jahren eingeführt worden.

3.2.2 Bauwirtschaft

In der Bauwirtschaft gibt es zahlreiche Tätigkeiten, die mit einer Belastung durch Lösungsmittel verbunden sind. Dabei treten z.T. relativ hohe Lösungsmittelkonzentrationen auf, nicht selten über den Luftgrenzwerten in der TRGS 900 (Kluger et al., 1995; Rühl und Kluger, 1995; Kersting et al., 1995). Da für die Bewertung der Exposition bei einer BK 1317 aber nicht die Luftgrenzwerte, sondern die neurotoxischen Schwellenwerte (Teil III, Anhang 6.2,

Konietzko 1998) heranzuziehen sind, werden bei den folgenden Betrachtungen die Konzentrationen am Arbeitsplatz in Relation zu diesen Schwellenwerten gesetzt.

Im Folgenden ist der Bewertungsindex BI_L die Summe der Quotienten Messwert/Luftgrenzwert und der Bewertungsindex BI_N die Summe der Quotienten Messwert/Neurotoxischer Schwellenwert (jeweils bezogen auf die vorliegenden neurotoxischen Stoffe der Tabelle 1, Teil II, 1).

n-Hexan ist in allen Bau-Chemikalien – falls überhaupt – nur zu maximal 1 % enthalten.

Bodenbelagsarbeiten

Der GISCODE teilt die Vorstriche und Klebstoffe für den Bodenbereich in vier Hautgruppen ein: Dispersions-, stark lösungsmittelhaltige, Epoxidharz- und Polyurethan-Produkte.

Polyurethan- und vor allem Epoxidharz-Produkte werden vor allem in Spezialfällen eingesetzt und bringen somit zumindest keine längerfristigen Lösungsmittelbelastungen mit sich. Auch beim Einsatz der Mehrzahl der Dispersionsprodukte können die Lösungsmittelkonzentrationen vernachlässigt werden. Toluolhaltige Dispersions-Vorstriche

und Klebstoffe, die eine deutliche Lösungsmittelbelastung mit Grenzwertüberschreitung mit sich bringen, sind seit einigen Jahren fast völlig vom Markt verschwunden.

Tabelle 2 gibt die GISCODE-Gruppen der stark lösungsmittelhaltigen Produkte an, deren Einsatz grundsätzlich mit einer erheblichen Lösungsmittelbelastung verbunden ist.

Tabelle 3 gibt die Bewertungsindices der Vorstriche und Klebstoffe für den Bodenbereich an, die eine relevante Lösungsmittelexposition in der Praxis mit sich bringen (BGG/BIA-Empfehlung „Vorstriche und Klebstoffe für den Bodenbereich“). S4- und S5-Produkte für Parkett und andere Holzfußböden sowie S5-Produkte für andere Bodenbeläge spielen nahezu keine Rolle,

hierzu existieren auch keine Expositionsdaten.

S1-Klebstoffe enthalten weder aromatische Kohlenwasserstoffe noch Methanol. Bei 64 Messungen bei Bodenlegerarbeiten wurde n-Hexan 23-mal analysiert (maximaler $BI_L = 0,06$) und Butanon achtmal ($BI_L \text{ max} = 0,11$). Da beim Vorliegen von n-Hexan und Butanon die neurotoxischen Schwellenwerte deutlich niedriger liegen, sind die maximalen BI_N für n-Hexan hier 0,14 und für Butanon 0,55. Bei 62 Messungen bei Parkettlegerarbeiten wurde n-Hexan zehnmal analysiert ($BI_L \text{ max} = 0,01$) und Butanon sechsmal ($BI_L \text{ max} = 0,12$). Die maximalen BI_N betragen 0,02 und 0,6. Andere neurotoxische Stoffe wurden nicht analysiert.

Stark lösungsmittelhaltige Vorstriche und Klebstoffe für den Bodenbereich

1: 1 aromaten- und methanolfrei	S 4 methanolfrei
2: 2 toluol- und methanolfrei	S 5 toluolfrei und methanolhaltig
3: 3 aromatenfrei	S 6 toluolhaltig

Tabelle 2:
GISCODE für Vorstriche und Klebstoffe für den Bodenbereich (Auszug)

Tabelle 3:
Bewertungsindices (BI_L) (Summe der Quotienten Messwert/Grenzwert) der relevanten Vorstrich- und Klebstoff-Gruppen für den Bodenbereich (95%-Werte; in Klammer die Anzahl der Messwerte)

Parkett und andere Holzfußböden			Andere Bodenbeläge			
S 1	S 3	S 5	S 1	S 3	S 4	S 6
5,2 (62)	6,9 (108)	13,8 (10)	2,0 (64)	9,8 (13)	8,7 (106)	10,1 (75)

3 Auswahl von Arbeitsbereichen/Tätigkeiten mit möglicher Exposition gegenüber neurotoxischen Lösungsmitteln

S3-Klebstoffe enthalten keine aromatischen Kohlenwasserstoffe. Bei allen 13 Messungen bei Bodenlegerarbeiten wurde Methanol analysiert, der maximale Bl_N betrug 0,28. Bei 108 Messungen bei Parkettlegerarbeiten wurde Methanol analysiert, der maximale Bl_N betrug 0,52. Andere neurotoxische Stoffe wurden nicht analysiert.

S4-Klebstoffe enthalten kein Methanol, allerdings sind z.T. Toluol, Xylol, n-Hexan und Butanon im gleichen Produkt enthalten. Bei 106 Messungen bei Bodenlegerarbeiten mit S4-Klebstoff wurden diese Stoffe vielfach analysiert. Hier sind die relativ niedrigen neurotoxischen Schwellenwerte für die binären Gemische dieser Stoffe in Tabelle 1 heranzuziehen. Damit werden Bl_N deutlich über 1 erhalten. Die S4-Klebstoffe weisen somit ein großes neurotoxisches Potential auf. Allerdings sind die toluolhaltigen Bodenbelagsklebstoffe seit Aufstellung des GISCODE Anfang der 90er Jahre weitgehend vom Markt verschwunden. Die hier ausgewerteten Messungen wurden alle in den Jahren 1990 bis 1993 durchgeführt.

S5-Klebstoffe enthalten kein Toluol, die Lösungsmittelexposition wird durch den Methanolanteil dominiert. Allerdings liegt trotz eines Bl_L von fast 14 für das Lösungsmittelgemisch und von max. 8 für Methanol der Bl_N für Methanol nur bei 0,45. Für S6-Klebstoffe gilt Ähnliches wie für die S4-Klebstoffe. Es liegen hohe Belastungen durch neurotoxische Stoffe vor, vor allem, da Butanon z.T. mit Toluol im gleichen Klebstoff vorkommt. Auch hier gilt aber, dass die toluolhaltigen Bodenbelagsklebstoffe seit Aufstellung des GISCODE Anfang der 90er Jahre weitgehend vom Markt verschwunden sind.

Oberflächenbehandlung von Holzfußböden

Parkettsiegel und Holzkitte werden mit dem GISCODE in wasserverdünnbare und stark lösungsmittelhaltige Produkte eingeteilt. Die Verarbeitung der wasserverdünnbaren Produkte ist mit keiner oder nur mit einer sehr geringen Lösungsmittelbelastung verbunden. Die stark lösungsmittelhaltigen

G 1	Grundsiegel und Holzkitte, entaromatisiert und niedrigsiederfrei
G 2	Grundsiegel und Holzkitte, entaromatisiert und niedrigsiederhaltig
G 3	Grundsiegel und Holzkitte, aromaten- und niedrigsiederhaltig
KH 1	Ölkunstharzsiegel, entaromatisiert
KH 2	Ölkunstharzsiegel, aromatenhaltig
DD 1	Polyurethansiegel, entaromatisiert
DD 2	Polyurethansiegel, aromatenhaltig
SH 1	Säurehärtende Siegel

Tabelle 4:
GISCODE für stark lösungsmittelhaltige Oberflächenbehandlungsmittel für Holzfußböden

Tabelle 5

Bewertungsindex (BI) beim Versiegeln von Parkett (Summe der Quotienten Messwert/Grenzwert) der relevanten Parkettsiegel und Holzkitte (95%-Werte; in Klammer die Anzahl der Messwerte)

Holzkitte		Parkettsiegel						
G 2	G 3	G 1	G 2	G 3	KH 1	KH 2	DD 2	SH 1
15,4 (53)	18,9 (27) 14,4 (13)	4,0 (14)	5,0 (6)	15,5 (96)	1,0 (16)	8,7 (24)	3,7 (67)	14,4 (13)

Produktgruppen sind in Tabelle 4 aufgeführt. Aus den Charakterisierungen der GISCODE-Gruppen wird deutlich, dass es sich hier vielfach um aromatenfreie Produkte handelt.

G1 und G2-Produkte enthalten keine aromatischen Kohlenwasserstoffe. Außer Ethanol sind keine weiteren neurotoxischen Stoffe in nennenswerten Konzentrationen enthalten. Die bei Versiegelungsarbeiten mit diesen Produkten gemessenen Ethanolkonzentrationen liegen bei G1-Produkten unter 190 mg/m^3 , bei G2-Produkten unter 950 mg/m^3 .

G3-Produkte enthalten u.a. Toluol, Xylol und Ethanol. Die Bl_N bei einzelnen Messungen liegen bei Xylol und Ethanol unter 0,1 und erreichen für Toluol bis 1,8.

KH1-Produkte enthalten u.a. Butanon, Toluol, Xylol und Ethanol. Da Butanon und Toluol gemeinsam vorliegen, sind die niedrigen neurotoxischen Schwellenwerte für Gemische heranzuziehen. Die Bl_N für Butanon

liegen bei max. 1,3, für Toluol bei max. 0,7, für Xylol bei unter 0,2 und für Ethanol bei max. 1,2.

Die Messungen beim Umgang mit KH1-, KH2- und DD1-Produkten ergeben keine relevanten Konzentrationen von neurotoxischen Stoffen.

In DD2-Produkten sind u.a. Toluol, Xylol und Ethanol enthalten. Die Bl_N für Toluol und Xylol liegen bei max. 0,9 und für Ethanol unter 0,1.

Malerarbeiten

Werden bei üblichen Malerarbeiten auf Baustellen nicht mehr als 2,5 l unverdünnte aromatenarme Alkydharzlackfarbe (GISCODE M-LL-02) oder aromatenarme Grundanstrichstoffe (GISCODE M-GP-03) von Hand mit dem Pinsel oder der Rolle aufgetragen, liegen die Lösungsmittelexpositionen bei einem Bewertungsindex (Bl_L) von etwa 0,5 (BG/BIA-Empfehlung „Einsatz von Bautenlacken“).

3 Auswahl von Arbeitsbereichen/Tätigkeiten mit möglicher Exposition gegenüber neurotoxischen Lösungsmitteln

Der Gehalt an neurotoxischen Stoffen ist in den verwendeten Alkydharzlacken relativ gering (n-Hexan < 0,1 %; Toluol < 0,3 %; Xylol < 7,0 %), so dass der BI_N sicherlich unter 0,1 liegt. Werden diese Produkte im Spritzverfahren aufgetragen oder kommen physikalisch trocknende Farben und Lacke (z.B. Chlorkautschukfarben) mit höherem Lösungsmittelanteil zum Einsatz, liegen die Bewertungsindices je nach den Randbedingungen (Raumgröße, Lüftungsverhältnisse, Auftragsmenge etc.) deutlich höher.

Abbeizarbeiten

Hohe Belastungen treten bei Arbeiten mit dichlormethanhaltigen Abbeizmitteln auf (BG/BIA-Empfehlung „Einsatz von dichlormethanhaltigen Abbeizmitteln“). Da der neurotoxische Schwellenwert von Dichlormethan mit 540 mg/m^3 nur wenig größer ist als der Luftgrenzwert, liegt der BI_N bei Arbeiten in Innenräumen bei 4,6 und bei Arbeiten im Freien bei 3,3 (unter der berechtigten Annahme, dass die Luftbelastung überwiegend bis ausschließlich vom Dichlor-

methan ausgeht). Diese Abbeizarbeiten werden aber selten über eine Schicht und fast nie länger als einige Tage durchgeführt.

Korrosionsschutzarbeiten

Bei Korrosionsschutzarbeiten werden in der Regel festkörperreiche Ein- und Zweikomponentenprodukte auf der Basis von Alkyd-, Epoxid- und Polyurethanharzen verarbeitet. Als Lösungsmittel sind in diesen Produkten neben längerkettigen Aliphaten aromatische Kohlenwasserstoffe, Glykolether, Ester und Alkohole enthalten. An neurotoxischen Inhaltsstoffen sind nur Toluol und Xylol enthalten.

Styrol im Säurebau

Bei Styrol ist der neurotoxische Schwellenwert gleich dem Luftgrenzwert. Bei Arbeiten mit Styrolharzen im Säurebau liegen deutliche Überschreitungen des Luftgrenzwertes von Styrol (Krommes et al., 1995; Kersting et al., 1995) und somit auch des neurotoxischen Schwellenwertes vor.

Tätigkeit	BI_N (Toluol)	BI_N (Xylol)
Handauftrag im Freien	< 0,1	< 0,1
Handauftrag in umschlossenen Räumen	< 0,1	0,3
Spritzauftrag im Freien	< 0,1	0,9
Spritzauftrag in umschlossenen Räumen	0,3	2,1

Tabelle 6:
Messungen bei
Korrosionsschutzarbeiten

Zwar kann es bei den Säurebaumonturen zu wochenlangen hohen Styrolexpositionen kommen, allerdings gibt es in den Säurebaubetrieben keine Spezialisten für Styrolharzbeschichtungen, die solche Arbeiten qualifiziert durchführen

Styrol bei der Polymerbetonherstellung (siehe auch II.3.2.3)

Polymerbeton besteht aus einer Mischung von Mineralstoffen, die mit einer Polyesterharzlösung vermischt werden. Das Mischen erfolgt in der Regel in einer geschlossenen Mischmaschine, die Masse wird dann vorwiegend per Hand in Formen verteilt und härtet dort aus. Die Styrolexpositionen liegen an diesen Arbeitsplätzen bei einem BI_N von über 2.

Betonsanierung, Industriefußbodenbeschichtung

Etwa 80 % der heute auf dem Markt verfügbaren Epoxidharzprodukte zur Betonsanierung und zur Industriefußbodenbeschichtung sind lösungsmittelfrei. Es können aber auch lösungsmittelhaltige Produkte der unterschiedlichsten Zusammensetzung (z.B. Polyesterharze, Acrylate, Polyurethanharze, Epoxidharze u.a.) eingesetzt werden, die die neurotoxischen Lösungsmittel Styrol, Toluol und Xylol enthalten können. Angaben zur Konzentration am Arbeitsplatz bei der

Verarbeitung dieser Produkte können nicht gemacht werden, da Messergebnisse nicht in ausreichender Zahl zur Verfügung stehen.

Betontrennmittel, Schalöle

Der überwiegende Teil der in der Bauwirtschaft verwendeten Trennmittel enthält hochsiedende Kohlenwasserstoffe und/oder andere filmbildende Inhaltsstoffe aber keine Lösungsmittel. Daneben sind teilweise auch Produkte auf der Basis wässriger Emulsionen im Einsatz. Eine Exposition gegenüber neurotoxischen Lösungsmitteln kann bei der Verarbeitung dieser beiden Produktgruppen ausgeschlossen werden.

Bei besonders hohen Ansprüchen an die Güte der Betonoberfläche und im Fertigteilbau können jedoch auch lösungsmittelhaltige Trennmittel zum Einsatz kommen. Diese fallen in die VbF-Klassen AI, AII und AIII und können auch neurotoxische Lösungsmittel enthalten.

Die Verarbeitung aller Betontrennmittel erfolgt meist nur kurzzeitig. Auftragszeiten von wenigen Minuten bis zu etwa einer Stunde täglich sind die Regel.

Gebäudereinigungsarbeiten

In den meisten Reinigungsmitteln können Lösungsmittel enthalten sein (Merkblatt

3 Auswahl von Arbeitsbereichen/Tätigkeiten mit möglicher Exposition gegenüber neurotoxischen Lösungsmitteln

für den Umgang mit Reinigungs-, Pflege- und Desinfektionsmitteln). Die Konzentrationen der Lösungsmittel im angelieferten Produkt sind sehr unterschiedlich und liegen bei maximal 30 %. Da die Produkte für die Anwendung in der Regel stark verdünnt werden, hat die gebrauchsfertige Lösung deutlich geringere Lösungsmittelanteile (gebrauchsfertige Glasreiniger enthalten 1 % Lösungsmittel, das gelieferte Konzentrat 25 %). Wesentliche Lösungsmittel sind Alkohole, wie Ethanol, Isopropanol und Glykolether wie Ethyl- und Butylglykol. Die Konzentrationen am Arbeitsplatz liegen deutlich unter den Grenzwerten. Darüber hinaus werden Gebäudereinigungsarbeiten in der Regel keine acht Stunden durchgeführt.

Holz- und Steinpflegemittel enthalten höhere Lösungsmittelanteile. Im Wesentlichen sind hier Kohlenwasserstoffgemische bis zu max. 80 % enthalten. Angaben zu Konzentrationen am Arbeitsplatz liegen nicht vor. Da diese Arbeiten großflächig mit dem unverdünnten Produkt durchgeführt werden, können hier Grenzwerte überschritten werden.

Arbeiten mit Graffiti-Entfernern können mit einer ähnlichen Dichlormethanbelastung verbunden sein wie die beschriebenen Abbeizarten.

Industriereinigung

Hier können sehr unterschiedliche Lösungsmittelbelastungen vorliegen. Die Höhe der Belastung am Arbeitsplatz hängt nicht nur vom verwendeten Reinigungsmittel, sondern auch von den zu reinigenden Maschinen und Flächen sowie von den dort eventuell vorhandenen Lösungsmitteln ab.

Türverkleidungen

Beim Verkleiden von Zimmer- und Schranktüren (Portas-Verfahren) werden Klebstoffe eingesetzt, die u.a. Toluol enthalten. Die bei diesen Arbeiten auftretenden Konzentrationen liegen tätigkeitsbezogen z.T. über dem neurotoxischen Schwellenwert. Bezogen auf die Arbeitsschicht liegen die Konzentrationen aber unter dem neurotoxischen Schwellenwert.

3.2.3 Steine- und Erden-Industrie

Asphalt- und Baustofflaboratorien (Trichlorethen)

In Asphaltlaboratorien werden Proben des hergestellten Mischguts auf ihre spezifikationsgerechte Zusammensetzung überprüft. Hierzu wird das Bindemittel Bitumen aus der Asphaltprobe extrahiert, d.h. so lange ausgewaschen, bis die Mineralstoffe und das Bindemittel vollständig getrennt sind. Aus dem Bitumen-Lösungsmittelgemisch wird

anschließend das Lösungsmittel rückdestilliert. Zur Anwendung kommen das Kalt- und das Heißextraktionsverfahren.

Al: Kaltextraktion wird das Herauslösen des Bindemittels mit kaltem oder erwärmtem Lösungsmittel bezeichnet. Die Extraktion kann sowohl im offenen Handverfahren im Laborabzug als auch im geschlossenen System mit automatischer Extraktionsanlage durchgeführt werden.

Al: Heißextraktion gilt das Herauslösen des Bindemittels mit einem Lösungsmittel, das in einem speziellen Extraktionsgerät im Kreislauf zum Sieden und Kondensieren gebracht wird.

Während der Durchführung weiterer Analysen erfolgt eine Trocknung der Mineralstoffe im Wärmeschrank.

Eine Lösungsmittelexposition findet hauptsächlich beim offenen Umgang mit Trichlorethen beim Beschicken/Entleeren der Extraktionsanlage, bei der Extraktion im Handverfahren sowie beim Beschicken/Entleeren des Wärmeschrankes statt. Die Höhe der Exposition richtet sich auch danach, ob im Laborabzug oder außerhalb gearbeitet wird. Werden geschlossene Extraktionsanlagen verwendet, stehen diese in der Regel im geschlossenen Laborabzug. Die Extraktion in geschlossenen Apparaturen

setzt sich immer mehr durch und stellt den Stand der Technik dar (Kolmsee 1990).

Polymerbetonherstellung (Styrol) (siehe auch II.3.2.2)

Polymerbeton besteht je nach Anwendungsbereich aus einer Mischung von Mineralstoffen (Kies, Sand, Splitt, ggf. Marmorbruch, Faserstoffen), die mit einer Polyesterharzlösung vermischt werden. Das Mischen erfolgt in der Regel in einer geschlossenen Mischmaschine. Diese Masse wird vorwiegend im Handverfahren in Formen verteilt und härtet dort aus.

Die Lösungsmittelexposition findet hauptsächlich beim Einbringen der Polymerbetonmischung in die Formen statt, da hier nur in unzulänglicher Weise Lüftungstechnische Maßnahmen getroffen werden können. Die Mischanlage ist üblicherweise mit einer Absaugung versehen.

Steinbearbeitung (Styrol)

Mit styrolhaltigen Spachtelmassen und Steinkitten werden mittels Handwerkzeugen Fehlstellen in Werkstücken ausgebessert. Styrolhaltige Kleber werden zum Reparieren von Werkstücken oder zum Doppeln plattenförmiger Werkstücke verwendet.

3 Auswahl von Arbeitsbereichen/Tätigkeiten mit möglicher Exposition gegenüber neurotoxischen Lösungsmitteln

Eine Lösungsmittelexposition erfolgt beim Ablüften der bearbeiteten Werkstücke.

3.2.4 Holzwirtschaft

Klebearbeiten mit Kontaktklebstoffen

Kontaktklebstoffe werden in vielfältiger Weise in der Holzwirtschaft eingesetzt. Bei Polstermöbelherstellern werden z.B. die Bezugsstoffe auf Holzrahmen verklebt. Diese Kontakt- oder Polychloroprenkleber werden sehr großflächig verarbeitet. Bei stark saugfähigen Hölzern ist oftmals ein Vorstrich mit verdünnten Klebstoffen erforderlich. Als Auftraggeräte sind je nach der Zähflüssigkeit (Viskosität) der Klebstoffe Pinsel, Spachtel, Druckluftspritzpistolen und Auftragwalzen möglich.

Kontaktklebstoffe in der Holzwirtschaft verfügen immer noch über einen sehr hohen Anteil an Benzolhomologen und Estern. Es sind außerdem auch noch in bestimmten Bereichen (z.B. Matratzenherstellung) Kontaktklebstoffe mit chlorierten Kohlenwasserstoffen (meist Dichlormethan) im Einsatz.

Lackauftrag durch Gießen, Walzen, Tauchen und Fluten

Das Gießen und Walzen wird hauptsächlich in der Möbelindustrie angewendet. Tauchen und Fluten kommt bei der Herstel-

lung von Bauelementen (z.B. Fensterherstellung) zur Anwendung. Beim Gießen und Walzen kann vor dem eigentlichen Lackauftrag die Werkstückoberfläche auf 40 °C bis 80 °C vorgewärmt werden. Dadurch entstehen keine Luftpneinschlüsse im Lackfilm. Die Vorwärmung erfolgt etwa eine Minute lang mit Heißluft oder Infrarotstrahlung.

Mit **Gießmaschinen** lassen sich ebene und wenig geformte Gegenstände lackieren, sofern ihre Oberfläche von einem Lackvorhang erfaßt werden kann. Sie sind mit einem über die gesamte Maschinenbreite reichenden Gießkopf ausgestattet, der an seiner Unterseite einen in der Weite verstellbaren Spalt hat. Aus dem Gießkopf tritt der Gießlack durch den Spalt als feiner geschlossener Schleier aus und fällt auf die Werkstückoberfläche. Das Werkstück wird mit einem Transportband unter dem Gießkopf hinweggeführt. Der nicht auf das Werkstück fallende Lack läuft über eine Rinne in ein Vorratsgefäß zurück. Aus diesem Gefäß pumpt eine Förderpumpe den Lack wieder in den Gießkopf. Zum größten Teil werden in Gießmaschinen stark lösungsmittelhaltige Gießlacke eingesetzt, sie enthalten hohe Anteile an Benzolhomologen, Estern und geringere Mengen an Alkoholen.

Mit dem **Walzverfahren** lassen sich sowohl sehr geringe als auch relativ große Lack-

mengen auftragen. Man wendet dieses Verfahren an, wenn die porige Struktur einer Holzoberfläche erhalten bleiben soll. Die Auftragmengen an Lack können stufenlos eingestellt werden und bei einem Arbeitsgang zwischen 5g/m² und über 200g/m² liegen. Bei größeren Auftragsmengen kommen zwei hintereinander angeordnete Auftragwalzen oder zwei getrennte Walzenauftragsmaschinen bei kurzer Zwischenabstand zum Einsatz. Über dem Werkstück befinden sich zwei gummierte, zylindrische Walzen, die in ihrem Abstand zueinander stufenlos verstellbar sind. Zwischen diesen beiden unterschiedlich großen Walzen wird der Lack eingefüllt, der sich dort auf der ganzen Walzenfläche gleichmäßig verteilt. Die kleinere Walze ist die Dosierwalze. Mit ihr wird die aufzutragende Lackmenge eingestellt. Die größere Walze ist die Auftragswalze. Mit ihr wird der Lack auf die unter ihr durchlaufenden Werkstücke aufgewalzt. Die Auftragswalze kann glatt sein oder kleine nöpfchenförmige Vertiefungen aufweisen. Auch beim Walzverfahren werden größtenteils wie beim Tauchverfahren noch stark lösungsmittelhaltige Lacke eingesetzt. Der Anteil an lösungsmittelarmen und lösungsmittelfreien Lacksystemen steigt jedoch in letzter Zeit an.

Beim **Tauchen** wird das Werkstück von Hand oder mit Hilfe entsprechender Förder-richtungen in das Überzugsmittel einge-

taucht und wieder herausgenommen. Das überschüssige Überzugsmittel muss durch sein eigenes Gewicht von der Oberfläche ablaufen. Bei der Tauchlackierung müssen die Geschwindigkeit, mit der das Tauchgut wieder aus dem Tauchbecken herausgehoben wird, die Ablaufgeschwindigkeit des Tauchlackes vom Werkstück sowie die Schnelligkeit, mit der der Lack antrocknet, aufeinander abgestimmt werden. Die zu tauchenden Werkstücke dürfen keine Taschen oder Vertiefungen aufweisen, in denen sich Lack ansammeln kann. Im Tauchverfahren werden kleinere glatte Werkstücke (z.B. Holzstempel) sowie Werkstücke, bei denen man an das Aussehen der Lackschicht keine besonders hohen Ansprüche stellt, lackiert. Das Tauchverfahren ist die einfachste und sparsamste Methode der Lackierung. Aufgrund der möglichst schnellen Trocknung werden fast ausschließlich lösungsmittelhaltige Lacke eingesetzt (Benzolhomologe, Alkohole, Ester).

Das **Fluten** ähnelt dem Tauchen. Beim Fluten wird das Werkstück mit Lack übergossen, wobei der überschüssige Lack von selbst ablaufen muss. Die zu flutenden Gegenstände dürfen wie beim Tauchen keine Taschen oder Vertiefungen haben, in denen sich Lack ansammeln kann. Lacke zum Fluten haben einen noch höheren Lösungsmittelegehalt als Tauchlacke. Die eingesetzten Lösungsmittel beeinflussen stark

3 Auswahl von Arbeitsbereichen/Tätigkeiten mit möglicher Exposition gegenüber neurotoxischen Lösungsmitteln

den Lackverlauf. Geflutet werden kann nur in automatisch arbeitenden Anlagen. In ihnen sind Lackviskosität, Lacktemperatur und Transportgeschwindigkeit genau aufeinander abgestimmt.

In der Holzwirtschaft werden sowohl Lacke als auch Beizen mit Gieß- und Walzanlagen verarbeitet. Bei den Beizen ist das Verhältnis Lösungsmittelbeize/Wasserbeize in etwa 2:1. Die eingesetzten Walz- und Gießanlagen sind fast durchgängig mit Absauganlagen ausgestattet.

Spritzstände

An manuellen Handspritzständen wird überwiegend das Druckluft- und Airless-Spritzverfahren angewendet.

Das **Druckluftspritzverfahren** ist das am meisten angewendete Spritzverfahren. Dazu benötigt man wasserfreie Druckluft, denn Wassertröpfchen im Lack können in der Oberfläche Blasen, Krater oder Löcher verursachen. Die Druckluft gelangt über einen Schlauch zur Spritzpistole. Der Betriebsdruck beträgt je nach Spritzgut zwischen 1,5 und 7 bar. Dickflüssige und kalte Lacke verlangen höhere Drücke als dünnflüssige und warme Lacke. Der Druckluftverbrauch hängt hauptsächlich vom Düsendurchmesser und vom Luftdruck ab. Es werden z.B. bei einem Düsendurchmesser von 1 mm und einem

Luftdruck von 2 bar in einer Stunde 9 m³ Luft verbraucht. Die wichtigsten Teile der Spritzpistole sind das Luftventil, die Materialdüse, die Luftdüse und der Materialbecher. Das Spritzgut wird von einem Materialbecher oder von einem Kessel der Materialdüse zugeleitet. Man spricht von einem Fließbecher, wenn der Materialbecher über der Materialdüse stehend angeordnet ist, von einem Saugbecher, wenn er unter der Materialdüse hängt. Bei großem Lackverbrauch wird das Spritzgut aus einem Lackgefäß über einen Schlauch durch Druckluft oder mittels einer Umlaufpumpe der Materialdüse zugeführt. Die Materialdüse hat einen Durchmesser von 0,8 mm bis 2,5 mm. Sie ist austauschbar je nach Viskosität des Spritzgutes.

Das Hochdruck-Spritzen hat verschiedene Vorteile: Die Vernebelung des Lackes ist am Spritzgerät regelbar, so dass ein sauberes Spritzbild entsteht. Es können sowohl hoch- als auch niedrigviskose Überzugmittel gespritzt werden. Durch die Verwendung einer entsprechend kleinen Materialdüse und eines höheren Luftdruckes kann man mit Lack patinieren oder mit Beizen nebeln. Beim Patinieren werden Farbtonunterschiede auf künstlichem Wege durch entsprechendes Auftragen von Beize oder Lack erzeugt. Nachteilig beim Hochdruck-Spritzen ist vor allem die starke Lacknebelbildung. Es muss deshalb immer eine einwandfrei funktionie-

rende Absauganlage vorhanden sein.

Das **Airless-Spritzen** erfolgt ohne Druckluft. Über einen Materialschlauch wird das Spritzgut mit einem Druck von 125 bar bis 250 bar durch eine kleine Düsenöffnung gepresst und dadurch vernebelt. Es entsteht ein feiner Lacknebel. Die wesentlichen Teile der Airless-Anlage sind die Materialpumpe, der Material-Hochdruckschlauch und die Spritzpistole. Mit der Materialpumpe wird das Spritzgut aus einem Lackbehälter angesaugt und verdichtet. Die Materialpumpe wird entweder elektrisch oder mit Druckluft betrieben. Das verdichtete Spritzgut gelangt über einen mehrere Meter langen chemikalienbeständigen Hochdruckschlauch zur Spritzpistole aus einem hochwertigen Stahl. Die Düse besteht aufgrund der schleifenden Wirkung des Oberflächenmaterials aus Hartmetall. Der Düsendurchmesser beträgt zwischen 0,3 mm und 0,5 mm.

Durch Erwärmen des Spritzgutes vor dem Verdichten auf etwa 90 °C können Spritzdruck und Materialverlust wesentlich verringert und die Lebensdauer der Spritzdüse verlängert werden. In der oberflächenschicht bilden sich keine Bläschen, Grauschleier und Krater, weil luftfrei gespritzt wird. Der Lackverbrauch ist geringer als beim Druckluft-Spritzen. Es entstehen keine Luftwirbel und von der zu spritzenden Oberfläche prallt keine Spritzluft zurück.

Mit dem Airless-Verfahren kann man große Flächen wesentlich schneller lackieren als mit der Druckluft-Spritzpistole, jedoch nicht patinieren, vernebeln und beizen.

Bei Handwerksbetrieben mit häufigen Lackierarbeiten ist ein separater Lackierraum mit Trockenprallwand bzw. wasserberieselte Spritzwand vorhanden. Die Zuluft wird über Filtermatten, die im Deckenbereich installiert sind, zugeführt. Die Abluft erfolgt entweder über die Spritzstände oder bei größeren Lackierräumen über Bodengitter mit speziellen Filtermatten.

Bei großen Möbelwerken sind Lackierstände mit Zu- und Abluft oft neben den „Lackierstraßen“ integriert. An diesen Lackierständen werden dann z.B. Kanten gespritzt oder kleinere Ausbesserungsarbeiten getätigt. An den Lackierständen werden praktisch alle Arten von Lacken, Beizen und Verdünnern eingesetzt. Der Hauptschwerpunkt liegt jedoch bei der Verarbeitung von Nitro- und DD(PUR)-Lacken.

Unter **Reinigen** wird die Entfernung nicht oder wenig fettender Schmutzteile bzw. die Beseitigung jeglichen Schmutzes verstanden. Ein in der Praxis häufig gleichzeitig verwendeter Begriff ist das Entfetten; hierunter versteht man jedoch das Entfernen fettiger und öligere Verunreinigungen wie Schmieröle, Korrosionsschutzöle etc.

3 Auswahl von Arbeitsbereichen/Tätigkeiten mit möglicher Exposition gegenüber neurotoxischen Lösungsmitteln

Beispiele für Reinigungsarbeiten in der Holzwirtschaft sind:

- das Reinigen von Korpusen aus kunststoffbeschichteten Spanplatten vor dem Verpacken,
- das Reinigen von z.B. Spritzpistolen oder Walzenauftraganlagen in der Oberflächenabteilung,
- das Reinigen von Laminierwerkzeugen in der Polyesterverarbeitung,
- das Entfernen von Kleberresten z.B. beim Umgang mit Kontakt- oder Haftklebstoffen,
- das Reinigen des Mischkopfes beim Umgang mit 2K-PUR-Gießharzen bzw. Hartschäumen.

Entscheidend für die Wahl eines geeigneten Reinigers ist unter anderem:

- der Werkstoff (Oberfläche) des zu reinigenden Materials,
- Art und Zusammensetzung der Verschmutzung,
- Qualitätsanforderungen an die Reinigung,
- Arbeits- und Umweltschutzaspekte.

Für die Reinigung kommen folgende organische Lösungsmittel bzw. Lösungsmittelgemische zum Einsatz.

Organische Lösungsmittel:

In der Praxis kommen für spezielle Anwendungen vereinzelt reine Einzelkomponenten,

wie Alkohole (z.B. Isopropanol), Ester (z.B. Ethylacetat oder Butylacetat) oder Ketone (z.B. Aceton) zum Einsatz. Chlorierte Kohlenwasserstoffe, wie z.B. Trichlorethen, Tetrachlorethen oder Dichlormethan, finden in der Holzwirtschaft kaum noch Verwendung. Ausnahme ist hier sicherlich das Reinigen des Mischkopfes beim Umgang mit 2K-PUR-Gießharzen (Schäumen), in der Regel mit Dichlormethan.

Lösungsmittelgemische:

Am meisten eingesetzt werden hier die folgenden Gruppen:

- Nitroverdünnungen
Hier handelt es sich in der Regel um Lösungs- und Verdünnungsmittel für Nitrocellulose-Lacke. Sie enthalten aliphatische (Hexan, Heptan, Oktan u.a.) und aromatische (Toluol, Xylol, Ethylbenzol u.a.) Kohlenwasserstoffe, Ketone (Butanon, Hexanon, Aceton u.a.), Ester (Ethylacetat, Butylacetat, u.a.) und Glykolether (Ethoxyethanol, Butoxyethanol u.a.).
- Kaltreiniger
Kaltreiniger sind Produkte auf der Basis von entaromatisierten Kohlenwasserstoffgemischen. Diese Kaltreinigergemische sind auch unter dem Namen Siedegrenzbenzine, Testbenzine oder Waschbenzine auf dem Markt.

3.2.5 Umgang mit styrolhaltigen Reaktionsharzen zur Herstellung von Kunststoffteilen

Bei der Herstellung von Kunststoffen (GFK) mit styrolhaltigen Reaktionsharzen (UP-Harze = ungesättigte Polyesterharze, VE-Harze = Vinyl esterharze) dient Styrol als Lösungsmittel und als Reaktant. Folgende Verwendungsbereiche existieren in der Metallindustrie bzw. der Chemischen Industrie:

- Offene, großflächige Harzverarbeitung
Verarbeitung von Glasfasermatten und UP-Harz zu GFK-Formteilen, wie Abdeckhauben, Lkw- und Wohnmobildächer, Bootskörper, Schwimmbadbecken, Galvanikbecken (Säurebau), GFK-Behälter aller Art. Die Herstellung erfolgt im Handlaminierverfahren und maschinell sowie im Spritzverfahren.
- Offene, großflächige Harzverarbeitung
zur Herstellung von rotationssymmetrischen Hohlkörpern (z.B. GFK-Rohre). Das Wickeln und Laminieren erfolgt auf einer speziellen Wickelbank. Auf den Formkern wird der Festigungskörper (Gewebeband, Läden) unter Zugabe einer Polyesterharzmischung aufgewickelt. Das hergestellte Werkstück wird anschließend zusammen mit der Form zum Erhärten zwischengelagert. Der erhärtete Rohling wird entschalt und abschließend bearbeitet.

Bei der offenen großflächigen Harzverarbeitung besteht eine Lösungsmittelexposition beim Aufbringen des Festigungskörpers unter Zugabe der Polyesterharzmischung und im gesamten Arbeitsbereich der Beschäftigten, da hier entweder eine Zwischenlagerung der gefertigten Werkstücke erfolgt oder dieser bei Transportvorgängen in das Zwischenlager durchgeführt wird und dabei die Werkstücke ablüften.

- Gießverfahren (einschließlich Anmischen und Reinigen von Mischbehältern), Stangengießen (zur Herstellung von Zierbeschlägen durch Abdrehen von GFK-Stangen) und Gießen von GFK-Modellen
- Karosseriebau: Spachteln, Glätten und Schleifen bei Pkw-/Lkw-Reparaturen, im Bootsbau (Einsatz von UP-Harzen mit Härter, z.B. Benzoylperoxid)
- Verarbeitung von polymerem Styrol (PS) auf Spritzgieß-, Extrudier- und Tiefziehmaschinen, z.B. zur Herstellung von Müllcontainern, etc.
- Heißschneiden von PS-Platten und PS-Formstücken
- Verwendung von Kunstharzlacken und Dispersionen auf UP-Harz-Basis

4 Stoffdossiers

In den gefahrstoffspezifischen Dossiers werden Informationen zu folgenden Bereichen aufgeführt:

- Identifikationskriterien (Synonyme, CAS-Nummer)
- Ausgewählte physikalisch-chemische Daten (Siedepunkt, Dampfdruck)
- Grenzwertentwicklung (Chronologie der Grenzwerte)
- Aufnahmewege
- Verwendung/Einsatzbereiche (frühere und aktuelle Verwendungsbereiche, Zusatzstoffe, Produkte, Arbeitsverfahren)
- Expositionen (Auswerteergebnisse der MEGA-Datenbank)

Vorbemerkungen zur Beschreibung der Aufnahmewege:

In der Literatur finden sich oft stark differierende Angaben über die Aufnahmeraten von demselben Stoffes über die verschiedenen Expositionspfade. Dies gilt insbesondere für die Hautresorption, zu deren Bestimmung von den einzelnen Arbeitsgruppen sehr unterschiedliche Methoden (Tier/Menschenhaut, in vivo/in vitro etc.) herangezogen werden (ECETOC 1993).

Bekanntermassen gibt es auch erhebliche individuelle Unterschiede innerhalb der menschlichen Bevölkerung. Schliesslich können die verschiedenen Hautregionen einer Einzelperson in ihrer Resorptivität für eine gegebene Substanz um zwei Zehnerpotenzen variieren (Emmett 1992). Das im folgenden Abschnitt ausgebreitete Zahlenmaterial kann daher nur zur groben Orientierung dienen.

Bestimmte Lösungsmittel (sog. „Schlepper“) erleichtern die Penetration von Begleit-substanzen durch die Haut. Es muss festgehalten werden, dass alle organischen Lösungsmittel die Haut entfetten und damit nicht nur den Boden für Hauterkrankungen bereiten, sondern auch die Aufnahmeraten für Gefahrstoffe beeinflussen können.

Zum richtigen Verständnis der Auswerteergebnisse der MEGA-Datenbank sind einige Bemerkungen notwendig:

Die in den Tabellen aufgelisteten gefahrstoffspezifischen Konzentrationen für neurotoxische Lösungsmittel basieren auf Messdaten, die im Rahmen des „Berufsgenossenschaftlichen Messsystems Gefahrstoffe“ BGMG ermittelt und in der Dokumentation MEGA gespeichert sind (BIA 1993). Sie entsprechen dem derzeitigen Kenntnisstand und werden bei Vorliegen neuerer Erkenntnisse ergänzt bzw. aktualisiert.

Aus insgesamt 123 000 Datensätzen aus rund 15 000 Betrieben wurden relevante Arbeitsbereiche/-verfahren ausgewählt und statistisch ausgewertet. Die Differenzierung des Datenmaterials erfolgte nach der Systematik des Verzeichnisses Betriebsarten/Arbeitsbereiche (BIA 1996).

In der vorliegenden Auswertung wurden ausschließlich Expositionsmessungen in der Luft am Arbeitsplatz berücksichtigt, die die folgenden Bedingungen erfüllen:

- Die Messung wurde mit den im Rahmen des BGMG zum Zeitpunkt der Messung gültigen Probenahmesystem (Probenahmeverfahren und Probenträger) durchgeführt.
- Die Analyse wurde mit dem zum Zeitpunkt der Analyse im BGMG gültigen Analysensystem durchgeführt.
- Es wurden nur Messwerte mit einer Expositionsdauer über einer Stunde berücksichtigt. Eine Umrechnung von Messwerten mit einer verfahrensbedingt verkürzten Exposition auf Schichtlänge erfolgte nicht.

Eine Differenzierung der arbeitsbereichs-spezifischen Auswertung in zwei Datenzeiträume (1985 – 1991, 1992 – 1997) erfolgte immer dann, wenn unterschiedliche Expositionshöhen erkennbar waren.

Es wurden nur dann Datenkollektive gebildet und statistisch ausgewertet, wenn jeweils mehr als neun Messwerte aus mindestens fünf Betrieben und zwei Berufsgenossenschaften vorlagen, um eine Deanonymisierung auszuschließen.

Für die Konzentrationsangaben in den Tabellen wurde unabhängig vom Verteilungstyp des betrachteten Messwertkollektivs der 50 %-Wert bzw. 90 %-Wert herangezogen. Für diese Werte gilt, dass 50 % bzw. 90 % aller vorhandenen Konzentrationswerte unterhalb dieser Schwelle, die restlichen 50 % bzw. 10 % oberhalb dieser Schwelle liegen (Jambu 1992).

4.1 Benzol

Identifikationskriterien (BIA 4/1991a)

Synonyme: Benzen, Krystallbenzol
CAS-Nr.: 71-43-2

Ausgewählte physikalisch-chemische Daten (BIA 4/1991a)

Siedepunkt:	80,1°C	(1013 hPa)
Dampfdruck:	99,7 hPa	(20 °C)
	157,8 hPa	(30 °C)
	358,2 hPa	(50 °C)

Grenzwertentwicklung (BIA 4/1991a, BIA 11/1994, DFG 1958–1997)

Im Anhang der 70er Jahre wurde Benzol in Benzen und Verdünnern als Lösungsmittel eingesetzt, um die Verarbeitung zu optimieren. Da Benzol aber ein wichtiger Ausgangsstoff für die chemische Synthese und

somit auf dem Markt knapp war, benutzte man sehr häufig statt dessen Aromaten aus höhersiedenden Fraktionen der Teerdestillation, sogenannte Solventnaphthatypen, die in begrifflicher Anlehnung an Benzol, obwohl sie es nicht enthielten, als „Lösungsbenzole“ oder „Schwerbenzole“ bezeichnet wurden:

Lösungsbenzol 1:	70 % Xylol, 25 % Cumol, 5 % Toluol
Lösungsbenzol 2:	60 % Cumol, 35 % Xylol, 5 % Naphthalinöl

Grenzwerte:

1958 – 1970	MAK-Wert 80 mg/m ³ bzw. 25 ml/m ³
1970	MAK-Wert 32 mg/m ³ bzw. 10 ml/m ³
ab 1971	Aussetzung des MAK-Wertes wegen erwiesener Krebs erzeugender Wirkung. Verwendungseinschränkung durch Einführung einer 1%-Einstufungsgrenze
ab 1976	Benzolverwendungsverbot, Begrenzung des Benzolgehaltes in Lösungs- und Verdünnungsmitteln auf 1 %
1976	Einführung des TRK-Wertes 10 ml/m ³
1977	TRK-Wert 26 mg/m ³ bzw. 8 ml/m ³
1985	TRK-Wert 16 mg/m ³ bzw. 5 ml/m ³
ab 1992	Begrenzung des Benzolgehaltes in Lösungs-/Verdünnungsmitteln auf 0,1 %
ab 1993	TRK-Grenzwertspaltung: – TRK-Wert in Kokereien, Tankfeldern der Mineralölindustrie, bei der Reparatur und der Wartung von Ottokraftstoff- bzw. benzolführenden Teilen: 8,0 mg/m ³ bzw. 2,5 ml/m ³ – TRK-Wert im Übrigen: 3,2 mg/m ³ bzw. 1,0 ml/m ³
1997	Beschluss der EU-Kommission, den TRK-Wert einheitlich nach einer Übergangsfrist von 3 Jahren auf 3,2 mg/m ³ bzw. 1,0 ml/m ³ zu senken

Tabelle 7:
EKA-Werte für Benzol (Stand 1997)

Benzolkonzentration in der Luft		Benzol gemessen in Vollblut	S-Phenylmer- kaptursäure gemessen in Harn	trans, trans- Muconsäure gemessen in Harn
[ml/m ³]	[mg/m ³]	[µg/l]	[mg/g Kreatinin]	[mg/l]
0,3	1,0	0,9	0,010	-
0,6	2,0	2,4	0,025	1,6
0,9	3,0	4,4	0,040	-
1,0	3,3	5	0,045	2
2	6,5	14	0,090	3
4	13	38	0,180	5
6	19,5	-	0,270	7

Als krebserzeugender Arbeitsstoff wurde Benzol bis heute nicht mit einem BAT-Wert belegt, da kein als unbedenklich anzusehender biologischer Wert angegeben werden konnte. Vor diesem Hintergrund werden seit 1984 Beziehungen zwischen der Benzolkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz und der Stoff- bzw. Metabolitenkonzentration im biologischen Material (Expositionsäquivalente für krebserzeugende Arbeitsstoffe, EKA) aufgestellt. Aus ihnen kann entnommen werden, welche innere Belastung sich bei ausschließlich inhalativer Stoffaufnahme ergeben würde.

Aufnahmewege

Die Hauptaufnahme von Benzol erfolgt über die Atemwege. Bei Inhalation beträgt die

Resorption nach Einstellung des Blut-Luft-Gleichgewichts 40 bis 50 % (BUA 1988, Greim und Lehnert 1994).

Benetzt man die Haut mit Benzol oder benzolischen Lösungen bei freier Verdunstbarkeit, treten weniger als 1 % des applizierten Benzols in den Körper über (Franz 1984, Maibach und Anjo 1981, Susten et al. 1985, Greim 1988). Unter okklusiven Bedingungen (längeres Eintauchen in flüssiges Benzol) liegt die Penetrationsrate durch die menschliche Haut nach unterschiedlichen Literaturquellen in einem Bereich zwischen 0,2 und 1,8 mg · cm⁻² · h⁻¹ (Hanke et al. 1961, Blank und McAuliffe 1985). Für benzinische Lösungen mit 5%igem Benzolanteil wird eine Aufnahmerate von 0,06 mg · cm⁻² · h⁻¹ angegeben (Blank und McAuliffe 1985).

Die dermale Benzolaufnahme aus der Gasphase ist gegenüber der inhalativen Benzolaufnahme vernachlässigbar (Hanke et al. 1961, Blank und McAuliffe 1985, Taniuchi, 1989).

Verwendung/Einsatzbereiche

(BIA 4/1991a, BIA 11/1994, DFG 1958-1997, Pflaumbaum et al. 1993, MWV 1/1997, Boehncke et al. 1997)

- Kokereien und Nebengewinnungsanlagen
- Raffinerie-Anlagen und Tankfelder
- Bildung von Benzol bei chemischen Prozessen
- Umschlag von Ottokraftstoffen und Benzol (Be- und Entladung von Tankfahrzeugen und Tankschiffen)
- Tank-, Tankarmaturenreinigung, -wartung und -reparatur (Rohbenzol, Ottokraftstoffe)
- Gießereien: Durch thermische Zersetzung beim Abgießen von kunstharzgebundenen Formen (Furan- und Phenolharze) entsteht Benzol (Abgießstrecke, Gießformen entleeren).
- Einsatz als Synthese-Ausgangsstoff in der Chemischen Industrie (Abfüllung, Maschinenbedienung, Wartung, Reparaturen, Kontrollgänge)
- Fahrzeugbau, Kfz-Betriebe, Tankstellen: Kontrolle, Wartung, Reparatur, Inspektionen von Kraftfahrzeugen (Pkw,

Lkw, Baumaschinen). Arbeiten an kraftstoffführenden Leitungen, Auswechseln von Tankgebern und Kraftstofffiltern, Motorprüfstände, Zapfsäulenreparatur
Früher: Vergasereinstellungen vornehmen, Vergaser ausbauen, Fahrzeugteilereinigung und Motorwäsche mit Benzin, Tanken durch den Tankwart. Es bestand verstärkt eine dermale und inhalative Exposition gegenüber benzolhaltigen Ottokraftstoffen.

Benzol in Ottokraftstoffen:

Die Benzolgehalte in Ottokraftstoffen lagen Mitte der 50er Jahre bei ca. 15 Vol.-% (ARAL). Der Benzolanteil ging in den Folgejahren zurück und lag Ende der 70er Jahre bei ca. 10 Vol.-% (BP). Seit 1985 fand seitens der Mineralölindustrie bezüglich des Benzolgehaltes in Ottokraftstoffen eine intensive Marktüberwachung statt, um die Vermutung entkräften zu können, dass Blei durch Benzolzumischung kompensiert worden sei. Die durchschnittlichen Benzolgehalte verringerten sich nach diesen Untersuchungen im Jahr 1985 von 2,5 Vol.-% auf 1,8 Vol.-% im Jahr 1996.

Benzolgehalte in Siedebenzinen der ehemaligen DDR:

Die reale Situation in der DDR hinsichtlich der Benzolgehalte in Zubereitungen war

sehr uneinheitlich. Genaue Angaben können jedoch für die Siedegrenzbenzine gemacht werden, die durch Feinfraktionierung von Rohbenzin B (Leuna) erhalten worden waren (Tabelle 8).

Benzol in Lacken und Verdünnern:

Sporadische Untersuchungen des BIA in den 70er Jahren und repräsentative Überprüfungen der BAuA in den 80er Jahren zeigten, dass Benzol als Lösungsmittel in Lacken und Verdünnern praktisch keine Bedeutung mehr hatte.

Als Verunreinigung in Lacken und Lösungsmitteln wurden bis ca. 1951 Benzolgehalte von > 0,5%, bis ca. 1969

bis 0,5% und bis 1981 bis etwa 0,1% ermittelt. Ein Sonderfall waren speziell gekennzeichnete Behälter „Benzol“ oder „benzolhaltig“. Abweichend von den zuvor genannten Prozentgehalten war bei diesen Produkten von weit höheren Benzolkonzentrationen auszugehen. So lag die Kennzeichnungsgrenze 1954 („Lösungsmittelverordnung“) bei 5% Benzol, 1982 noch bei 1% Benzol. Die so gekennzeichneten Produkte hatten Benzolgehalte über den o.g. Prozentzahlen.

Der Benzolgehalt in den für Lackzubereitungen verwendeten Lösungsmitteln liegt seit 1981 meist unter 0,01% sowie bei den „Special Boiling Products“ (SBP) unter 0,001%.

Tabelle 8:
Benzolgehalte in Siedegrenzbenzinen der DDR nach GL 6428 „Flüssige Brennstoffe (Vergaserkraftstoffe)“ ab 1.1.1973

Typ	Benzolgehalt	Verwendungsbereich
SB 30/85	2,7 % Wundbenzin	Kunststoffindustrie, Schuhchemie, Grundstoff für Wundbenzin 3,8 % Medizinische Zwecke
SB 60/85	7,6 %	Lösungsmittel in der Öl- und Margarineindustrie
SB 80/100	1,7 %	Lösungs- und Extraktionsmittel für die Gummiindustrie und chemische Reinigung
SB 80/120	1,3 %	Katalytbenzin (Katalytöfen)
SB 100/140	Spuren	Lösungsmittel für die Gummi-, Lack-, Asphalt- und Teerprodukteindustrie
SB 135/200	Spuren	Lösungsmittel in der Lack- und Farbindustrie

Expositionen

Tabell. 9
Mittl. Benzol

Datenzeitraum: 1985 bis 1991

Arbeitsbereichsgruppe	Anzahl Messdaten	Anzahl Betriebe	50%-Wert mg/m ³	90%-Wert mg/m ³
Textil-/Warmverarbeitung von Kunststoffen	82	40	< a.B. *	< a.B. *
Umfüllen/Abfüllen von Ottokraftstoffen	31	17	< a.B. *	3,0
Reparatur/Wartung/Prüfstand	153	43	< a.B. *	13,0 1)
Thermische Bearbeitungsverfahren	67	45	< a.B. *	< a.B. *
Mechanische Bearbeitungsverfahren	34	24	< a.B. *	< a.B. *
Malen/Beschichten/Lackieren	118	64	< a.B. *	< a.B. *
Klempen (außer Gebäudereinigung)	10	8	< a.B. *	< a.B. *
Laboratorien	14	7	< a.B. *	4,6
Gießerei (bei bestimmten Formverfahren)	99	44	< a.B. *	5,0

Datenzeitraum: 1992 bis 1997

Textil-/Warmverarbeitung von Kunststoffen	63	36	< a.B. **	< a.B. **
Umfüllen/Abfüllen von Ottokraftstoffen	46	24	< a.B. **	2,0
Reparatur/Wartung/Prüfstand	320	95	0,2	3,2
Thermische Bearbeitungsverfahren	145	75	< a.B. **	< a.B. **
Mechanische Bearbeitungsverfahren	66	32	< a.B. **	< a.B. **
Malen/Beschichten/Lackieren	121	66	< a.B. **	< a.B. **
Klempen (außer Gebäudereinigung)	13	8	< a.B. **	< a.B. **
Klempen von/in Tanks bzw. Behältern (Kolbenbenzol, Kraftstoffe, Heizöl)	61	15	2,1	34,0
Laboratorien	18	11	< a.B. **	0,6
Gießerei (bei bestimmten Formverfahren)	67	28	0,5	4,3

* analytische Bestimmungsgrenze bei 1,0 mg/m³

** analytische Bestimmungsgrenze bei 0,1 mg/m³

1) Reparatur von Zapfsäulen

Es ist zu beachten, dass Expositionsangaben in dieser Tabelle zu branchenübergreifend ausgewerteten Arbeitsbereichen nicht in jedem Fall auf entsprechende branchenspezifische Arbeitsbereiche und Tätigkeiten übertragen werden können.

4.2 Butanon

Identifikationskriterien (BIA 10/1992a)

Synonyme: Butanon-2, Butan-2-on, Methyl-Ethyl-Keton, MEK, Ethyl-Methyl-Keton, Methylpropanon

CAS-Nr.: 78-93-3

Ausgewählte physikalisch-chemische Daten (BIA 10/1992a)

Siedepunkt: 79,57 °C (1013 hPa)

Dampfdruck: 105 hPa (20 °C)
167 hPa (30 °C)
370 hPa (50 °C)

Grenzwertentwicklung

(BIA 10/1992a, DFG 1958–1997)

1958 Einführung des MAK-Wertes von 740 mg/m³ (250 ml/m³).
1960 Herabsetzung des MAK-Wertes auf 590 mg/m³ (200 ml/m³).

Aufnahmewege

Der Hauptaufnahmeweg für Butanon ist der Atemweg. Etwa 41 bis 56.% des inhalierten Butanon wird in der Lunge resorbiert (BIA 10/1992a).

Es finden sich Angaben über eine relativ gute Resorbierbarkeit über den Verdauungstrakt und die Haut. Aus Probandenversuchen (Applikation von Butanon auf ein ca. 90-cm²-Areal der Unterarme) ging hervor, dass feuchte Haut besser als trockene penetriert wird. Aus den Versuchsergebnissen wurden Resorptionsraten für Butanon im Bereich von 0,3 bis 0,6 mg · cm⁻² · h⁻¹ errechnet (BIA 10/1992a).

Verwendung/Einsatzbereiche

(BIA 10/1992a, Henschler 1996, Ullmann 1983)

Butanon ist nach Aceton das technisch bedeutendste Keton:

- Lösungsmitelegenschaften für Lacke, Kunststoffe, Klebstoffe, Natur- und Syntheseharze in vielen Industriezweigen
- Herstellung von Kunstleder
- Herstellung von Transparentpapier
- Herstellung von Druckfarben (Flexo- und Verpackungstiefdruck)
- Reinigung und Entfettung von Metalloberflächen (nicht mehr im Einsatz)
- Extraktion von Fetten, Ölen, Wachsen und Naturharzen
- Entparaffinierung von Mineralölen

Expositionen

Tabelle 10:
MAK-A - Butanon

Datenzeitraum: 1985 bis 1991

Arbeitsbereichsgruppe	Anzahl Messdaten	Anzahl Betriebe	50%-Wert mg/m ³	90%-Wert mg/m ³
Herstellung von Zubereitungen	366	102	10	136
Frägen, Entfetten von Metall, Holz- Kunststoffteilen	345	136	5	153
Eleben	937	307	9	108
Polieren, Handmalen	172	77	4	92
Farbspritzen	1674	748	2	23
Oberflächenbeschichtung mechanisch, maschinell (Laminieren, Imprägnieren, Lackieren, Gießen, Drucken)	1081	408	3	105

Es ist zu beachten, dass Expositionsangaben in dieser Tabelle zu branchenübergreifend ausgewerteten Arbeitsbereichen nicht in jedem Fall auf entsprechende branchenspezifische Arbeitsbereiche und Tätigkeiten übertragen werden können.

4.3 Dichlormethan

Dampfdruck: 460,9 hPa (20 °C)
689,4 hPa (30 °C)
1500,0 hPa (50 °C)

Identifikationskriterien (BIA 3/1997)

Synonyme: Methylendichlorid, Methylendichlorid, Chlormethylen, Aerothene MM[®], Solacstin[®], Desmodur RF[®], Freon 30[®], Frigen 30[®], Urethan 71[®], Forane 113C[®]

CAS-Nr.: 75-09-2

Grenzwertentwicklung (BIA 3/1997, DFG 1958–1998)

1958 Einführung eines MAK-Wertes von 1750 mg/m³ (500 ml/m³)
1975 Herabsetzung des MAK-Wertes auf 720 mg/m³ (200 ml/m³)
1982 Herabsetzung des MAK-Wertes auf 360 mg/m³ (100 ml/m³)

Ausgewählte physikalisch-chemische Daten (BIA 3/1997)

Siedepunkt: 40,67 °C (1013 hPa)

1986 Einstufung als III-B-Stoff
1996 Einstufung als Krebs erzeugend K 3 (Stoffe, die wegen möglicher

Krebs erregender Wirkung beim Menschen Anlass zur Besorgnis geben, über die jedoch nicht genügend Informationen für eine befriedigende Beurteilung vorliegen. Aus geeigneten Tierversuchen liegen einige Anhaltspunkte vor, die jedoch nicht ausreichen, den Stoff als gefährlicher einzustufen.)

1982 Festlegung eines BAT-Wertes für Dichlormethan:
5% CO-Hb, gemessen im Blut
1 mg/l Dichlormethan, gemessen im Blut

Aufnahmewege

Dichlormethan wird hauptsächlich über die Atemwege aufgenommen. Bei Expositionen im Bereich 180 – 720 mg/m³ wird nach anfänglich schnellem Anstieg der Dichlormethan-Konzentration im Blut innerhalb von ca. 4 h ein gleichbleibendes Niveau erreicht. Unter Bedingungen körperlicher Ruhe werden ca. 70 – 75 % der inhalierten Dosis resorbiert. Bei körperlicher Belastung sinkt der retinierte Dosisanteil zwar vergleichsweise ab, die aufgenommene Menge steigt aber aufgrund der erhöhten Ventilationsrate an. Die Dichlormethan-Aufnahme ist weiterhin vom Körpergewicht bzw. Fettanteil abhängig: adipöse Personen

retinieren bis zu 30 % mehr Dichlormethan im Vergleich zu schlanken Personen (BIA 3/1997).

Dichlormethan wird auch über die intakte Haut resorbiert, im Vergleich zur inhalativen Aufnahme jedoch in geringerem Maße. Nach 30-minütigem Eintauchen des Daumens in flüssiges Dichlormethan resultierte im Probandenversuch ein Dichlormethan-Gehalt in der Ausatemluft von 3,1 ml/m³ (11,2 mg/m³), der innerhalb von 2 h auf 0,7 ml/m³ (2,5 mg/m³) abfiel (BIA 3/1997).

Verwendung/Einsatzbereiche

(BIA 3/1997, BUA 1986, BG Chemie 1988, BMA 1998, Römpf 1989–1992)

- Lösungsmittel und Extraktionsmittel in der Lebensmittelindustrie (Fette, Öle, Koffein aus Kaffee und Tee, Kakaobutter, Hopfen, Gewürze)
- Lösungsmittel für chemische Synthesen
- Extraktionsmittel zur Reinigung von Montan-Wachs (aus Braunkohle gewonnen)
- Bestandteil eines Lösungsmittels zur Lackierung von Dragees in der Pharmaindustrie
- Reinigungsmittel für Gießformen, in denen Polyurethan und Polystyrol verar-

beitet worden ist (Verbot des offenen Umgangs nach der 2. BImSchV)
Reinigungsmittel für Anlagenteile wie z.B. Spritzdüsen, in denen Polyester und Polyurethanschäume hergestellt oder verarbeitet worden sind
Bestandteil von Klebstoffen für Formteile aus Polyurethanschäum und PVC
Abbeizmittel und Fassadenreiniger in der Bauindustrie
Entfettungsmittel in der Film- und Elektronikindustrie
Entfettungs- und Reinigungsmittel in der Textilindustrie. Seit Inkrafttreten der 2. BImSchV am 10.12.1990 ist der Einsatz in Chemischreinigungs- und Textilausrüstungsanlagen verboten.
Das Einsatzverbot gilt nicht für Tierfell-Entfettungsanlagen
Entfettungs-, Abbeiz- und Lösungsmittel in der Leder-, Metall- und Kunststoff-Industrie. Seit Inkrafttreten der 2. BImSchV am 10.12.1990 gelten Verwendungsbeschränkungen: Die offene Anwendung von Dichlormethan ist verboten, die Anwendung ist nur noch in geschlossenen Anlagen mit kontrollierter Emission gestattet.
Kaltlackungsmittel (Abbeizer): Wegen des hohen Lösungsvermögens gegenüber Chlorkautschuk, PVC, PS und vielen Natur- und Kunstharzen wird Dichlormethan in pastöser und flüssiger Form in Abbeizern eingesetzt.

- Lösungsmittel- und Treibgaskomponente für z.B. Schweißerschutzsprays
- Lösungsmittel und Treibgaskomponente in Sprays (in kosmetischen Produkten durch EG-Kosmetik-Richtlinie auf 35 % beschränkt)
- Komponente in Feuerlöschmitteln
- Insektizid (insecticidal fumigant) für Getreide
- Kältemittel
- Bestandteil von Spezialklebstoffen
- Lösungsmittel für Vergoldungspräparate für Glas und Keramik
- Verpackungstief- und Flexodruck
- Ausgangsstoff bei organischen Synthesen
- Recyclingprodukt bei der Rückgewinnung aus dichlormethanhaltigen Lösungsmitteln

Ersatzstoffe für Dichlormethan als Farbenferner und Abbeizmittel:

Detaillierte Informationen zu Substituten können der TRGS 612 entnommen werden.

Expositionen

Es konnte kein zeitlicher Trend ermittelt werden, deshalb wurde keine differenzierte Auswertung für zwei Datenzeiträume durchgeführt. Die Daten beziehen sich auf den Zeitraum 1985 bis 1997. Seit Inkrafttreten der 2. BImSchV am 10.12.1990 ist der offene Umgang in einzelnen Branchen verboten.

Tabelle 11:
MEGA – Dichlormethan

Datenzeitraum: 1985 bis 1991				
Arbeitsbereichsgruppe	Anzahl Messdaten	Anzahl Betriebe	50%-Wert mg/m ³	90%-Wert mg/m ³
Herstellung von Zubereitungen	123	67	71	536
Reinigen, Entfetten, Abbeizen	440	202	159	932
Formenschäumen	185	95	36	233
Kleben/Beschichten (Kunststoff-/Gummi-/Holz-/Polstermöbelindustrie)	679	246	50	413
Kleben/Beschichten (Keramik-/Glas-Metall-/Schuhindustrie/Elektrotechnik)	902	388	18	287

Es ist zu beachten, dass Expositionsangaben in dieser Tabelle zu branchenübergreifend ausgewerteten Arbeitsbereichen nicht in jedem Fall auf entsprechende branchenspezifische Arbeitsbereiche und Tätigkeiten übertragen werden können.

4.4 Ethanol

Identifikationskriterien (BIA 10/1992b)

Synonyme: Ethylalkohol, Branntwein, Weingeist, Ethyloxidhydrat, Spiritus, Methylcarbinol

CAS-Nr.: 64-17-5

Ausgewählte physikalisch-chemische Daten (BIA 10/1992b)

Siedepunkt: 78,33 °C (1013 hPa)

Dampfdruck: 59,0 hPa (20 °C)
100,0 hPa (30 °C)
280,0 hPa (50 °C)

Grenzwertentwicklung

(BIA 10/1992b, DFG 1958-1998)

1958 Einführung des MAK-Wertes von 1900 mg/m³ (1000 ml/m³)

Aufnahmewege

Der Hauptaufnahmeweg für Ethanol im Vergleich inhalativ/dermal ist am Arbeitsplatz der Atemweg (BIA 10/1992b). Die Hautresorption liegt deutlich unter derjenigen für Methanol. In einem Diffusionskammerversuch mit Frauenbrusthaut-Präparaten wurde eine Aufnahme rate von 1,1 mg · cm⁻² · h⁻¹ gemessen (Ursin et al. 1995).

Expositionen

Tabelle 12:
MEGA – Ethanol

Datenzeitraum: 1985 bis 1991				
Arbeitsbereichsgruppe	Anzahl Messdaten	Anzahl Betriebe	50%-Wert mg/m ³	90%-Wert mg/m ³
Herstellen von Zubereitungen	306	89	17	469
Reinigen, Entfetten (außer Gebäudereinigung)	233	114	27	413
Kleben (außer Bodenbelagsarbeiten)	84	35	5	48
Kleben (Bodenbelagsarbeiten)	189	82	15	179
Pinself, Handmalen	75	43	6	46
Farbspritzen	504	253	4	29
Oberflächenbeschichten (Gießen, Tauchen, Laminieren)	195	96	8	165
Oberflächenbeschichten (Imprägnieren, Drucken)	369	118	28	551
Datenzeitraum: 1992 bis 1997				
Herstellen von Zubereitungen	425	142	14	330
Reinigen, Entfetten (außer Gebäudereinigung)	334	166	8	198
Kleben (außer Bodenbelagsarbeiten)	338	130	3	17
Kleben (Bodenbelagsarbeiten)	262	122	9	151
Pinself, Handmalen	124	72	5	58
Farbspritzen	949	442	3	18
Oberflächenbeschichten (Gießen, Tauchen, Laminieren)	879	362	6	124
Oberflächenbeschichten (Imprägnieren, Drucken)	318	152	5	64

Es ist zu beachten, dass Expositionsangaben in dieser Tabelle zu branchenübergreifend ausgewerteten Arbeitsbereichen nicht in jedem Fall auf entsprechende branchenspezifische Arbeitsbereiche und Tätigkeiten übertragen werden können.

Detailliertere Darstellungen bzgl. der Exposition in der Bauwirtschaft sind dem Kapitel II.3.2.2 zu entnehmen.

Verwendung/Einsatzbereiche (BIA 10/1992b, Ullmann 1983)

- Alkoholische Getränke
- Lösungsmittel für Fette, Öle und Harze, vor allem in der Lack- und Klebstoff-fabrikation sowie zur Herstellung von Essenzen
- Lösungsmittel für Druckfarben im Verpackungstief- und Flexodruck
- Lösungsmittel für Duftstoffe (80–90 Gew.-%) und Kosmetika (Rasierwasser, Haarwasser (40–60 Gew.-%))
- Brennstoff in Form von Brennspritus oder sog. Hartspiritus
- Motortreibstoff im Gemisch mit Benzin
- Synthesegrundstoff für viele Chemikalien wie z.B. Diethylether, Chloroform; Ethylchlorid, Farbstoffe, pharmazeutische Präparate, u.v.m.
- Konservierungs- und Desinfektionsmittel
- Gießerei: Herstellen von Cold-Box-Kernen und Auftragen von Formüberzugstoffen (Tauchen in Alkoholschlichte Ethanol/2-Propanol)

4.5 n-Heptan

Identifikationskriterien (BIA 10/1992c)

Synonyme: Normalheptan, Heptan

CAS-Nr.: 142-82-5

Ausgewählte physikalisch-chemische Daten (BIA 10/1992c)

Siedepunkt:	98,43 °C	(1013 hPa)
Dampfdruck:	48 hPa	(20 °C)
	76 hPa	(30 °C)
	190 hPa	(50 °C)

Grenzwertentwicklung (DFG 1958-1998, BIA 10/1992c, Greim 1982)

Der Grenzwert gilt nur für Heptan (alle Isomeren):

- 1958 Einführung des MAK-Wertes von 2000 mg/m³ (500 ml/m³)
- 1985 Dieser Wert wurde überprüft und ist gemäß TRGS 900 heute noch gültig.

Aufnahmewege

Der Hauptaufnahmeweg für Heptan ist der Atemweg. n-Heptan wird in der Lunge nach Inhalation zu ca. 25 % (± 5 %) resorbiert. Die Resorption über die Haut ist als gering einzuschätzen (DGMK 1986).

Verwendung/Einsatzbereiche (Henschler 3/1996, Ullmann 1983, Greim 1995, DGMK 1986)

Handelsübliche Heptane und heptanhaltige Spezialbenzine enthalten folgende Gehalte an n-Heptan:

Tabelle 13:
n-Heptangehalte von Heptanen und Spezialbenzinen

Name	Siedebereich [°C]	n-Heptan-Gehalt [%]
Heptan, technisch	94 – 100	30 – 40
Heptan, technisch	85 – 105	30 – 45
Spezialbenzin 80/110	83 – 107	10 – 30
50 Thinner	98 – 105	65
80 Thinner	97 – 142	6,6

Technisches Heptan (30–45%ig) und Spezialbenzin 80/110 (10–30%ig) werden verwendet als:

- Verdünnungsmittel bei der Herstellung von Farben und Lacken
- Bestandteil von Klebstoffen, hauptsächlich in der Gummiindustrie
- Pflege- und Reinigungsmittel (z.B. für Möbelpolituren, Fußbodenpflegemittel)
- Extraktionsmittel für tierische Fette und Öle in Tierkörperverwertungsanstalten, Knochenmühlen und Fischmehlfabriken

- Entfettungsmittel in Gerbereien, Wollwäschereien und in der metallverarbeitenden Industrie
- Bestandteil von Reinigungsmitteln im Offsetdruck und Hochdruck
- Extraktionsmittel bei der Herstellung kosmetischer und pflanzlicher Wirkstoffe.

Reines n-Heptan findet als Lösungsmittel in Laboratorien und als Referenzsubstanz bei der Octan-Zahl-Bestimmung von Ottokraftstoffen (OZ = 0) Verwendung.

Expositionen

Tabelle 14:
MEGA – n-Heptan

Datenzeitraum: 1985 bis 1991				
Arbeitsbereichsgruppe	Anzahl Messdaten	Anzahl Betriebe	50%-Wert mg/m ³	90%-Wert mg/m ³
Herstellung von Zubereitungen	108	42	2	36
Reinigen, Entfetten (außer Gebäudereinigung)	116	74	2	49
Kleben (Kunststoff-/Gummiindustrie)	100	30	18	52
Kleben (Holz-/Polstermöbelindustrie)	477	66	28	101

Datenzeitraum: 1985 bis 1991 (Fortsetzung von Seite 71)				
Arbeitsbereichsgruppe	Anzahl Messdaten	Anzahl Betriebe	50%-Wert mg/m ³	90%-Wert mg/m ³
Kleben (Lederverarbeitung/Schuhherstellung)	234	39	12	40
Kleben (Bodenbelagsarbeiten)	72	32	13	49
Pinself, Handmalen	77	41	6	51
Farbspritzen (Metallverarbeitung)	70	42	1	5
Farbspritzen (Holz/Polstermöbelindustrie)	47	25	5	41
Oberflächenbeschichtung (Kunststoff-/Gummiindustrie)	65	28	7	45
Oberflächenbeschichtung (Metall/Elektrotechnik/Feinmechanik)	66	33	1	8
Oberflächenbeschichtung (Holz/Polstermöbelindustrie)	26	17	7	16
Druckerei	10	5	1	5
Datenzeitraum: 1992 bis 1997				
Herstellung von Zubereitungen	89	38	2	16
Reinigen, Entfetten (außer Gebäudereinigung)	159	97	6	69
Kleben (Kunststoff-/Gummiindustrie)	95	35	7	38
Kleben (Holz-/Polstermöbelindustrie)	296	81	24	80
Kleben (Lederverarbeitung/Schuhherstellung)	373	87	8	84
Kleben (Bodenbelagsarbeiten)	82	35	17	71
Pinself, Handmalen	102	51	3	19
Farbspritzen (Metallverarbeitung)	107	66	2	9
Farbspritzen (Holz/Polstermöbelindustrie)	107	53	3	10
Oberflächenbeschichtung (Kunststoff-/Gummiindustrie)	58	32	3	17
Oberflächenbeschichtung (Metall/Elektrotechnik/Feinmechanik)	73	38	1	14
Oberflächenbeschichtung (Holz/Polstermöbelindustrie)	143	54	10	86
Druckerei	69	22	5	23

Es ist zu beachten, dass Expositionsangaben in dieser Tabelle zu branchenübergreifend ausgewerteten Arbeitsbereichen nicht in jedem Fall auf entsprechende branchenspezifische Arbeitsbereiche und Tätigkeiten übertragen werden können.

Detailliertere Darstellungen bzgl. der Exposition in der Bauwirtschaft sind dem Kapitel II. 3.2.2 zu entnehmen.

4.6 n-Hexan

Identifikationskriterien (BIA 10/1992d)

Synonyme: Normalhexan, Hexan

CAS-Nr.: 110-54-3

Ausgewählte physikalisch-chemische Daten (BIA 10/1992d)

Siedepunkt: 68,74 °C (1013 hPa)

Dampfdruck: 160 hPa (20 °C)

248 hPa (30 °C)

540 hPa (50 °C)

Grenzwertentwicklung (BIA 10/1992d, DFG 1958-1998, Greim 1982)

1958 Einführung eines MAK-Wertes von 1800 mg/m³ (500 ml/m³)

1974 Herabsetzung des MAK-Wertes auf 360 mg/m³ (100 ml/m³)

1982 Herabsetzung des MAK-Wertes auf 180 mg/m³ (50 ml/m³)

1988 Festlegung eines BAT-Wertes von 9 mg/l für n-Hexan. Gemessen wird 2,5-Hexandion plus 4,5-Dihydroxy-2-hexanon im Harn nach Expositionsende bzw. Schichtende.

1993 Herabsetzung des BAT-Wertes auf 5 mg/l

Aufnahmewege

Der Hauptaufnahmeweg für n-Hexan ist der Atemweg. n-Hexan wird bei der Inhalation gut über die Alveolen der Lunge resorbiert. Nach Einatmung ist die alveoläre Retentionsrate relativ niedrig und beträgt 16 %. Bei längerer Exposition fiel der Retentionswert sogar auf 5,5 % in der zweiten Stunde ab. Atemvolumen, Atemfrequenz, Körpergewicht bzw. Fettgehalt können die Resorption erhöhen. Die Hautresorption ist vermutlich nur gering (BIA 10/1992c).

Verwendung/Einsatzbereiche

(BIA 10/1992d, BG Chemie 2/1997, Ullmann 1983)

n-Hexan kann aus geeigneten Rohstoffen (Leichtbenzin, BTX-Raffinate) durch fraktionierte Destillation oder Molekularsiebtrennung gewonnen werden. n-Hexan ist Bestandteil niedrigsiedender Mineralölfractionen, aus denen Lösungs- und Verdünnungsmittel für die Lack- und Klebstoffindustrie hergestellt werden:

Reines n-Hexan:

- Extraktionsmittel für pflanzliche Öle (Lebensmittelindustrie)

n-Hexan als Bestandteil der niedrigsiedenden Mineralölfraction:

- Formulierungsmittel von Lacken. Der n-Hexangehalt in diesen Fraktionen konnte vor 1992 bis zu 5 % betragen (Siedebereich 80/110). Seit Anfang der 90er Jahre liegt der n-Hexangehalt bei Fraktionen des Bereichs 80/95 und 100/140 bei maximal 1%, im Durchschnitt bei 0,6%. Mineralölfractionen mit einem Siedepunkt um 60°C können heute (1997) immer noch bis zu 4,5% n-Hexan enthalten. Derartige Benzinfraktionen kommen in der Drahtlackindustrie zur Anwendung (schnelltrocknend).
- Schnelltrocknende Klebstoffe zum Kleben von Bodenbelägen in Bussen und Lastkraftwagen enthalten heute ca. 1% n-Hexan. In Verdünnern kann der n-Hexangehalt ebenso ca. 1% betragen.
- Kontaktklebstoffe im Baubereich enthalten bis zu 3%, Klebstoffe im Heimbereich

Expositionen

Tabelle 15:
MEGA - n-Hexan

Datenzeitraum: 1985 bis 1991				
Arbeitsbereichsgruppe	Anzahl Messdaten	Anzahl Betriebe	50 %-Wert mg/m ³	90 %-Wert mg/m ³
Herstellung von Zubereitungen (Mischen, Rühren, Um-/Abfüllen)	125	46	2	40
Pinselein/Malen	12	10	< a.B.	< a.B.
Kleben (Kunststoff, Metall, Elektro, Holz, Polstermöbelindustrie)	575	119	7	39
Kleben (Leder, Schuhindustrie)	153	30	13	35
Datenzeitraum: 1992 bis 1997				
Herstellung von Zubereitungen (Mischen, Rühren, Um-/Abfüllen)	69	34	1	27
Pinselein/Malen	22	14	< a.B.	< a.B.
Kleben (Kunststoff, Metall, Elektro, Holz, Polstermöbelindustrie)	427	142	3	13
Kleben (Leder, Schuhindustrie)	299	72	4	18

Es ist zu beachten, dass Expositionsangaben in dieser Tabelle zu branchenübergreifend ausgewerteten Arbeitsbereichen nicht in jedem Fall auf entsprechende branchenspezifische Arbeitsbereiche und Tätigkeiten übertragen werden können.

ca. 1,5–2% und lösungsmittelhaltige Korrekturflüssigkeiten ebenfalls ca. 1,5–2% n-Hexan
 Elutions- und Lösungsmittel in der Dünnschichtchromatographie und Spektroskopie
 Testsubstanz zur Oktanzahlbestimmung von Ottokraftstoffen
 Lösungsmittel für Vinylharze und Nitrocellulose
 Reaktionsmedium bei Polymerisationen für die Herstellung von Kunststoffen und Synthesekautschuk
 Reinigungsmittelbestandteil für den Einsatz in der Metallbearbeitung und Feinmechanik

In der DDR wurden vor 1989 Lacke, die bis zu 13% n-Hexan und Verdünnern, die bis zu 20% n-Hexan enthielten, verwendet.

4.7 2-Hexanon

Identifikationskriterien (BIA 10/1992e)

Synonyme: Hexan-2-on, Methyl-n-butylketon, MBK, Butylmethylketon

CAS-Nr.: 591-78-6

Ausgewählte Physikalisch-Chemische Daten (BIA 10/1992e)

Siedepunkt: 127,2 °C (1013 hPa)
 Dampfdruck: 3,5 hPa (20 °C)
 7,33 hPa (30 °C)
 26,7 hPa (50 °C)

Grenzwertentwicklung (BIA 10/1992e, DFG 1958–1998)

- 1958 Einführung des MAK-Wertes von 410 mg/m³ (100 ml/m³)
- 1960 Herabsetzung des MAK-Wertes auf 21 mg/m³ (5 ml/m³)
- 1988 Festlegung eines BAT-Wertes: 9 mg/l 2,5-Hexandion + 4,5-Dihydroxy-2-hexanon, gemessen im Harn
- 1993 Herabsetzung des BAT-Wertes: 5 mg/l 2,5-Hexandion + 4,5-Dihydroxy-2-hexanon, gemessen im Harn

Aufnahmewege

Der Hauptaufnahmeweg für 2-Hexanon ist der Atemweg.

In kinetischen Studien an Probanden wurden bei Hexanon-Konzentrationen von 10–50 ml/m³ (42–210 mg/m³) über 7,5 Stunden bzw. 100 ml/m³ (420 mg/m³) über 4 Stunden von der inhalierten Dosis ca. 75–92 % resorbiert (BIA 10/1992d).

Nach Applikation von 15 ml 2-Hexanon auf die Unterarmhaut von Testpersonen wurden unter Ausschluss der Inhalation Resorptionsraten von 0,25 bis 0,48 $\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ ermittelt (BIA 10/1992d).

Verwendung/Einsatzbereiche (BIA 10/1992e, Ullmann 1983)

- Lösungsmittel für natürliche und synthetische Harze (Heißspritz- und Coil-Coating-Lacke)

Expositionen

Die Auswertung von 114 Meßdaten des BGMG in der Datenbank MEGA im BIA ergab, dass alle 2-Hexanon-Konzentrationsmesswerte im Zeitraum von 1985 bis 1997 unterhalb der analytischen Bestimmungsgrenze lagen. Die Messungen erfolgten an 34 verschiedenen Arbeitsplätzen in unterschiedlichen Branchen.

4.8 Methanol

Identifikationskriterien (BIA 10/1991a)

Synonyme: Methylalkohol, Carbinol, Methol, Methynol, Spiritol, Holzspiritus

CAS-Nr.: 67-56-1

Ausgewählte physikalisch-chemische Daten (BIA 10/1991a)

Siedepunkt: 64,51 °C (1013 hPa)
Dampfdruck: 128,6 hPa (20 °C)
216,7 hPa (30 °C)
552,0 hPa (50 °C)

Grenzwertentwicklung (BIA 10/1991a, DFG 1958-1998)

- 1958 Einführung des MAK-Wertes von 260 mg/m^3 (200 ml/m^3)
- 1983 Festlegung eines BAT-Wertes für Methanol:
30 mg/l Methanol
im Harn gemessen am Ende einer Arbeitswoche/in der zweiten Hälfte einer Schicht

Aufnahmewege

Methanol wird über den Atemweg und über die Haut aufgenommen.

Bei Inhalation in Form seiner Dämpfe wird es zu 60 bis 70 % resorbiert (BIA 10/1991a).

Eine Aufnahme toxischer Mengen durch die Haut ist möglich. Die Aufnahme rate flüs-

Expositionen

Tabelle 16:
MIGA - Methanol

Datenzeitraum: 1985 bis 1991

Arbeitsbereichsgruppe	Anzahl Messdaten	Anzahl Betriebe	50 %-Wert mg/m^3	90 %-Wert mg/m^3
Herstellung von Zubereitungen	47	22	23	140
Reinigen, Entfetten (außer Gebäudereinigung)	66	39	22	145
Kleben (außer Bodenbelagsarbeiten)	11	8	1	10
Kleben (Bodenbelagsarbeiten)	212	97	35	467
Pinself, Handmalen	16	13	1	14
Farbspritzen	72	46	1	8
Oberflächenbeschichtung (Laminieren, Tauchen, Gießen, Imprägnieren, Drucken)	85	41	7	232

Datenzeitraum: 1992 bis 1997

Herstellung von Zubereitungen	16	9	3	55
Reinigen, Entfetten (außer Gebäudereinigung)	31	22	8	93
Kleben (außer Bodenbelagsarbeiten)	11	7	3	20
Kleben (Bodenbelagsarbeiten)	113	52	127	558
Pinself, Handmalen	11	10	1	1
Farbspritzen	65	38	1	16
Oberflächenbeschichtung (Laminieren, Tauchen, Gießen, Imprägnieren, Drucken)	257	142	3	66

Es ist zu beachten, dass Expositionsangaben in dieser Tabelle zu branchenübergreifend ausgewerteten Arbeitsbereichen nicht in jedem Fall auf entsprechende branchenspezifische Arbeitsbereiche und Tätigkeiten übertragen werden können.

Detailliertere Darstellungen bzgl. der Exposition in der Bauwirtschaft sind dem Kapitel II.3.2.2 zu entnehmen.

sigen Methanols über die menschliche Unterarmhaut liegt bei 12 $\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$. Entsprechend kann durch zweiminütiges Eintauchen einer Hand in Methanol eine Menge resorbiert werden, die einer acht-

stündigen inhalativen Aufnahme bei ungefähr 50 mg/m^3 entspricht (Grandjean 1990). Nach einer anderen Quelle beträgt die Resorptionsrate über die menschliche Hand 8,1 \pm 3,7 $\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ (Batterman

und Franzblau 1997). Bei methanolhaltigen Lösungsmittelgemischen (z.B. Benzin-Methanol) ist mit höheren Resorptionsraten zu rechnen (BIA 10/1991a).

- Synthese-Rohstoff
- Kohlenstoffquelle für Petroprotein
- Klebstoffe

Verwendung/Einsatzbereiche

(BIA 10/1991a, Henschler 3/1996)

Zur Zeit findet Methanol in folgenden Bereichen Verwendung:

- Lösungsmittel in chemischen Laboratorien
- Lösungsmittel in der Spektroskopie
- Lösungsmittel für Lacke und Harze
- Abbeizer in der Metallindustrie: Methanol wird zusammen mit Dichlormethan oder als methanolische Kaliumhydroxidlösung als Entlackungsmittel eingesetzt); Entfettungsanlagen auf Alkohol/Methanolbasis sind nicht bekannt
- Extraktionsmittel und zur Reinigung von Synthesegas
- Kälteübertragungsmittel
- Füllung von Brennstoffzellen
- in kleinen Mengen als Farbstoff-Anteigmittel
- in kosmetischen Mitteln mit Einschränkungen zugelassen
- in Abbeizern
- in Klebstoffen und Bodenbelagsklebstoffen
- Kraftstoff oder Mischkomponente für Spezialbenzine
- Energieträger

4.9 2-Methoxyethanol

Identifikation (BIA 12/1991)

Synonyme: Ethandiolmonomethylether, Ethylenglykolmonomethylether, Methylglykol, 1-Methoxy-2-hydroxyethan

CAS-Nr.: 109-86-4

Ausgewählte physikalisch-chemische Daten (BIA 12/1991)

Siedepunkt: - 124,6 °C (1013 hPa)

Dampfdruck: 8,1 hPa (20 °C)
 16,2 hPa (30 °C)
 42,0 hPa (50 °C)

Grenzwertentwicklung (BIA 12/1991, DFG 1958-1998)

1980 Einführung des MAK-Wertes von 80 mg/m³ (25 ml/m³)
 1983 Herabsetzung des MAK-Wertes auf 15 mg/m³ (5 ml/m³)

Expositionen

Tabelle 17:
 MI GA - 2-Methoxyethanol

Datenzeitraum: 1985 bis 1991				
Arbeitsbereichsgruppe	Anzahl Messdaten	Anzahl Betriebe	50%-Wert mg/m ³	90%-Wert mg/m ³
Herstellung von Zubereitungen	31	9	< a.B.	17,8
Reinigen, Entfetten (außer Gebäudereinigung)	15	7	< a.B.	2,2
Beschichtung: Farbspritzen, Gießen, Pinseln	224	85	< a.B.	< a.B.
Beschichtung mit (Kunststoff)Imprägnier-/Tauchlacken	36	10	9,0	51,4
Datenzeitraum: 1992 bis 1997				
Herstellung von Zubereitungen	21	8	< a.B.	9,3
Reinigen, Entfetten (außer Gebäudereinigung)	17	11	< a.B.	3,9
Beschichtung: Farbspritzen, Gießen, Pinseln	106	58	< a.B.	< a.B.
Beschichtung mit (Kunststoff)Imprägnier-/Tauchlacken	14	7	7,0	18,8

Es ist zu beachten, dass Expositionsangaben in dieser Tabelle zu branchenübergreifend ausgewerteten Arbeitsbereichen nicht in jedem Fall auf entsprechende branchenspezifische Arbeitsbereiche und Tätigkeiten übertragen werden können.

Detailliertere Darstellungen bzgl. der Exposition in der Bauwirtschaft sind dem Kapitel II.3.2.2 zu entnehmen.

Aufnahmewege

Hauptaufnahmewege sind der Atemweg und die Haut (BIA 12/1991). Die Resorptionsrate für Präparate aus menschlicher Haut („in vitro“) wird mit 2,8 mg · cm⁻² · h⁻¹ angegeben (Gingell et al. 1994), was sehr gut mit neueren In-vivo-Ergebnissen (Unterarm freiwilliger Probanden) übereinstimmt (2,9 ± 2,0 mg · cm⁻² · h⁻¹). Einstündiges

Eintauchen beider Unterarme und Hände in flüssiges 2-Methoxyethanol ergibt damit eine Substanzaufnahme, die bis zu zwei Zehnerpotenzen über derjenigen liegt, welche bei ausschließlich inhalativer Exposition gegen Methoxyethanoldämpfe einer Konzentration von 15 mg/m³ Atemluft pro Achtstundenschicht zu erwarten ist (Kezic et al. 1997). Auch gasförmiges 2-Methoxyethanol wird gut über die Haut aufgenom-

men. Experimente ergaben, dass bei Ganzkörperexposition gegen Methoxyethanol-dämpfe die dermale und die inhalative Aufnahme ungefähr gleich hoch sind (Kezic et al. 1997).

Verwendung/Einsatzbereiche
(BIA 12/1991, Ullmann 1983)

- Lösungsmittel für Lacke, Fette, Öle, Harze, Celluloid, Acetyl-/Nitrocellulosen und Chlorkautschuk
- Frostschutzmittel
- Weichmacher

4.10 Styrol

Identifikationskriterien (BIA 4/1991b)

Synonyme: Vinylbenzol, Ethenylbenzol, Phenylethen, Phenylethylen, Cinnamol

CAS-Nr.: 100-42-5

Ausgewählte physikalisch-chemische Daten
(BIA 4/1991b)

Siedepunkt: 145,14 °C (1013 hPa)

Dampfdruck: 6,2 hPa (20 °C)
11,4 hPa (30 °C)
32,9 hPa (50 °C)

Grenzwertentwicklung
(BIA 4/1991b, DFG 1958-1998)

- 1958 Einführung eines MAK-Wertes von 420 mg/m³ (100 ml/m³).
- 1987 Herabsetzung des MAK-Wertes auf 85 mg/m³ (20 ml/m³).
- 1983 Festlegung eines BAT-Wertes für Styrol:
BAT-Wert = 2 g/l Mandelsäure in Harn, BAT-Wert = 2,5 g/l Mandelsäure plus Phenylglyoxylsäure in Harn, gemessen nach Expositionsende bzw. Schichtende.
- 1997 BAT-Wert = 600 mg Mandelsäure plus Phenylglyoxylsäure pro Gramm Kreatinin, gemessen nach Expositionsende bzw. Schichtende

Aufnahmewege

Styrol wird beim Menschen hauptsächlich über die Atemwege aufgenommen, wobei ca. 60 bis 90 % resorbiert werden. Nach der Inhalation werden 2 bis 3 % der aufgenommenen Menge wieder abgeatmet (BUA 1990, BIA 04/1991a).

Styrol kann in beschränktem Maß auch über die Haut aufgenommen werden. Als Resorptionsrate von flüssigem Styrol für die menschliche Hand in vivo wurde 60 ± 30 µg · cm⁻² · h⁻¹ ermittelt. Aus der

Expositionen

Tabelle 18:
Styrol

Datenzeitraum: 1985 bis 1997				
Arbeitsbereichsgruppe	Anzahl Messdaten	Anzahl Betriebe	50 %-Wert mg/m ³	90 %-Wert mg/m ³
Warmverarbeitung von Polystyrol	299	150	< a.B.	< a.B.
Heißpressen	167	43	43	145
Mischer, Rührwerke	159	62	49	163
Spachteln, Glätten	151	79	17	119
Steinbearbeitung (Spachteln, Kitten)	32	12	22	245
Polymerbetonherstellung	60	17	67	230
Offene, großflächige Verarbeitung bei der Kunststoffverarbeitung	3344	722	63	240
Offene, großflächige Verarbeitung in der Bauindustrie	179	43	70	278

Es ist zu beachten, dass Expositionsangaben in dieser Tabelle zu branchenübergreifend ausgewerteten Arbeitsbereichen nicht in jedem Fall auf entsprechende branchenspezifische Arbeitsbereiche und Tätigkeiten übertragen werden können.

Detailliertere Darstellungen bzgl. der Exposition in der Bauwirtschaft sind dem Kapitel II.3.2.2 zu entnehmen.

älteren Literatur bekannte, erheblich höhere Werte konnten nicht bestätigt werden (Berode et al. 1985).

Höhe des MAK-Wertes gemessen wird (Woitowitz u. Knecht o. J.).

Untersuchungen bei Probanden, die unter Atemschutz Styrol-dämpfen bis zum 3-fachen MAK-Wert (also ca. 255 mg/m³) ausgesetzt waren, ergaben eine dermale Resorption, die sich durchschnittlich in Blut-Styrol-Konzentrationen zwischen 30 und 56 µg · L⁻¹ niederschlug. Dies entspricht etwa 14 bis 25 % des Blutwertes, der nach achtstündiger inhalativer Styrolexposition in

Verwendung/Einsatzbereiche
(BUA 1990, BIA 4/1991b, Ullmann 1983)

Styrol wird ausschließlich zur Herstellung polymerer Produkte verwendet und gehört neben Ethen, Propen und Vinylchlorid zu den wichtigsten Monomeren. Es dient als Ausgangsstoff für Thermoplaste, Elastomere, Duroplaste und Dispersionen.

Styrol-Produktionsgruppen und ihre Anwendungsgebiete:

Polystyrole

Verpackungen, Kühlmöbel, sonstige Elektrogeräte, Haushaltswaren, Möbel, Spielwaren, Dämmstoffe

Styrol-Copolymere

KFZ-Teile (SAN, ABS)*, elektrische Haushaltsgeräte, Radio, TV, Elektronik, Telefon, Kühlmöbel, Verpackungen, Haushaltswaren, Spielwaren, Rohre, Fittings, Ionenaustauscherharze

Synthetischer Kautschuk

Reifen, Gummiwaren, kautschukmodifiziertes schlagfestes Polystyrol, Anstriche, Klebstoffe, Textilbeschichtungen, Teppichbodenrücken

Ungesättigte Polyesterharze (UP-Harze)

Rohre, Behälter, Boote, Platten, Pressteile für Automobil- und Elektroindustrie, UP-Harzbeton, Spachtelmassen, Säurebau, GFK (Glasfaserverstärkte Kunststoffe)

Styrolacrylate

Beschichtungen, Lacke, hochwertige Konstruktionswerkstoffe

* (SAN = Styrol-Acrylnitril-Copolymere, ABS = Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymere)

Umgang mit styrolhaltigen Reaktionsharzen zur Herstellung von Kunststoffteilen (siehe auch unter II.3.2.5)

4.11 Tetrachlorethen

Identifikationskriterien (BIA 8/1991)

Synonyme: Tetrachlorethylen, Perchlorethylen, Per, Ethylentetrachlorid, Tetralex

CAS-Nr.: 127-18-4

Ausgewählte physikalisch-chemische Daten (BIA 8/1991)

Siedepunkt: 121,20 °C (1013 hPa)

Dampfdruck: 18,9 hPa (20 °C)
32,0 hPa (30 °C)
84,0 hPa (50 °C)

Grenzwertentwicklung

(BIA 8/1991, DFG 1958-1998)

1958 Einführung eines MAK-Wertes von 1 350 mg/m³ (200 ml/m³)

1960 Herabsetzung des MAK-Wertes auf 670 mg/m³ (100 ml/m³)

1982 Herabsetzung des MAK-Wertes auf 345 mg/m³ (50 ml/m³)

1988 Einstufung als III-B-Stoff (Stoffe mit begründetem Verdacht auf Krebs erzeugendes Potential)
1997 Einstufung als Krebs erzeugend K 3 (Stoffe, die wegen möglicher Krebs erregender Wirkung beim Menschen Anlass zur Besorgnis geben, über die jedoch nicht genügend Informationen für eine befriedigende Beurteilung vorliegen. Aus geeigneten Tierversuchen liegen einige Anhaltspunkte vor, die jedoch nicht ausreichen, den Stoff als gefährlicher einzustufen.)

1982 Festlegung eines BAT-Wertes für Tetrachlorethen:
1,0 mg/l Tetrachlorethen, gemessen im Blut
9,5 ml/m³ Tetrachlorethen, gemessen in der Alveolarluft

Aufnahmewege

Die Hauptaufnahme von Tetrachlorethen erfolgt über den Atemtrakt und über die Haut.

Tetrachlorethen wird über die Lunge leicht resorbiert (bis ca. 20 %), wobei die aufgenommene Menge hauptsächlich von der Konzentration in der Luft abhängt, weniger von der Expositionsdauer (BIA 08/1991).

Die gute Hautgängigkeit von Tetrachlorethen wurde im Tierversuch nachgewiesen (Greim 1997).

Verwendung/Einsatzbereiche (BG Chemie 10/1988, Roth 1996, Ullmann 1983)

Tetrachlorethen wird hauptsächlich (65 %) im Bereich der Oberflächenbehandlung eingesetzt, d.h. als Lösungsmittel für Beschichtungen oder zum Reinigen und Entfetten, z.B. von Metallteilen. Das zweite große Einsatzgebiet ist die Chemischreinigung. Aufgrund der 2. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes vom 10.12.1990 darf Tetrachlorethen nur noch bei Erfüllung bestimmter technischer Anforderungen z.B. in Chemischreinigungsanlagen und in Metallentfettungsanlagen eingesetzt werden.

Chemischreinigung:

- Nach Ablauf der letzten Übergangsvorschriften am 1.1.1995 müssen alle Chemischreinigungsmaschinen, die mit Tetrachlorethylen als Lösungsmittel arbeiten, die Anforderungen der 2. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes vom 10.12.1990 (2. BImSchV) erfüllen. Nach diesen Bestimmungen ist der Betrieb von Chemischreinigungsanlagen durch Anlagenüberwachung, Fremdüberwachung und Eigenkontrolle ständig zu

Expositionen

Tabelle 19:
Mega – Tetrachlorethen

Datenzeitraum: 1985 bis 1991				
Arbeitsbereichsgruppe	Anzahl Messdaten	Anzahl Betriebe	50%-Wert mg/m ³	90%-Wert mg/m ³
Herstellung von Zubereitungen	20	9	11	61
Reinigen, Entfetten (außer Textilien und Gebäudereinigung)	658	279	90	499
Chemischreinigung (Textilien)*	1350	1319	85	275
Oberflächenbeschichtung (Gießen, Tauchen, Laminieren, Kleben, Farbspritzen, Drucken)	133	73	5	114
Datenzeitraum: 1992 bis 1997				
Herstellung von Zubereitungen	13	7	14	26
Reinigen, Entfetten (außer Textilien und Gebäudereinigung)	271	114	33	209
Chemischreinigung (Textilien)*	91	23	23	90
Oberflächenbeschichtung (Gießen, Tauchen, Laminieren, Kleben, Farbspritzen, Drucken)	48	31	3	28

*] im Zeitraum von 1990 bis 1994 wurden nur Messungen durchgeführt, wenn eindeutige Hinweise für eine erhöhte Exposition vorliegen, z.B. im Rahmen von Berufskrankheiten-Ermittlungsverfahren. Weiterhin wurde die Exposition in den „Neuen Bundesländern“ erfasst. Beim Bedienen der dort vorhandenen Spezima-Maschinen waren Messergebnisse bis 1/2 GW gegeben.

Es ist zu beachten, dass Expositionsangaben in dieser Tabelle zu branchenübergreifend ausgewerteten Arbeitsbereichen nicht in jedem Fall auf entsprechende branchenspezifische Arbeitsbereiche und Tätigkeiten übertragen werden können.

Detailliertere Darstellungen bzgl. der Exposition in der Bauwirtschaft sind dem Kapitel II.3.2.2 zu entnehmen.

überprüfen. Hierdurch soll verhindert werden, dass die Anlagen bei emissionsfördernden Störfällen weiter betrieben werden. Infolge dieser Maßnahmen liegen die Messergebnisse der Anlagen, die den Anforderungen der 2. BImSchV entsprechen, deutlich unter 1/10 des Grenzwertes. Die Messergebnisse bei

Tätigkeiten an anlagenfernen Arbeitsplätzen sind geringer.

Metallindustrie, früher:

- Dampfenfettungsanlagen
- Entfettungsanlagen (Heißtauchen und -sprühen) mit/ohne Randabsaugung, mit/ohne Deckel in Kombination mit

- Ultraschall/Druckumflutung oder Sprüheinrichtungen
- Kaltreinigung (mit/ohne Randabsaugung)
- Sogenannte „Sicherheitskaltreiner“, d.h. KW-Gemische, denen Tetrachlorethen oder Trichlorethylen zur Flammpunktunterdrückung in bestimmten Prozentsätzen zugesetzt wurde. Häufig eingesetzt in Waschtischen, z.B. im Kfz-Bereich
- Befettungsanlagen. Lösungen von Korrosionsschutzölen und -wachsen in Tetrachlorethen
- Bestandteil von Lacklösungsmitteln und Verdünnern
- Lösungsmittel in Aerosoldosen (Bremsenreiniger, Schweißschutzsprays, etc.)
- Lösungsmittel für Montageschäume

Sonstige Industriezweige:

- Extraktionsmittel für tierische und pflanzliche Fette und Öle
- Lösungsmittel für Wachse und Harze
- vereinzelt bis Ende der achtziger Jahre in Tierkörperverwertungen (Abdeckereien) als Lösungsmittel zum Abtrennen von Fett

4.12 Toluol

Identifikationskriterien (BIA 4/1991c)

Synonyme: Toluol, Methylbenzol, Phenylmethan, Anisen, Retinnaphtha

CAS-Nr.: 108-88-3

Ausgewählte physikalisch-chemische Daten (BIA 4/1991c, Roth 1996)

Siedepunkt: 110,63 °C (1013 hPa)
Dampfdruck: 27,8 hPa (20 °C)
45,2 hPa (30 °C)
109,0 hPa (50 °C)

Grenzwertentwicklung

(BIA 4/1991c, DFG 1958-1998)

1958 Einführung eines MAK-Wertes von 750 mg/m³ (200 ml/m³)

Metallindustrie, heute:

Es sind nur vollständig geschlossene Dampfenfettungsanlagen zulässig, in denen z.B. Kleindrehteile (Möbelzierbeschläge, Gewindebuchsen, Stifte, etc.) mit engen Spalten, Poren, Bohrungen/Sacklöchern, die im Dampfraum in Körben ständig gedreht werden, gereinigt werden. Aufgrund seiner niedrigen Oberflächenspannung und Viskosität benetzt Tetrachlorethen sehr gut das Werkstück bei der Reinigung. Bis auf das Wartungspersonal für die allseits geschlossenen Dampfenfettungsanlagen findet heute kein Umgang mehr im Bereich der Metallindustrie statt.

- 1985 Herabsetzung des MAK-Wertes auf 375 mg/m³ (100 ml/m³)
- 1994 Herabsetzung des MAK-Wertes auf 190 mg/m³ (50 ml/m³)
Dieser Wert ist gemäß TRGS 900 auch heute noch gültig.
- 1981 Festlegung eines BAT-Wertes für Toluol:
BAT-Wert = 3,4 mg/l Toluol in Blut
- 1986 Herabsetzung des BAT-Wertes auf 1,7 mg/l Toluol in Blut
- 1996 Erweiterung der Untersuchung:
BAT-Wert = 1,0 mg/l Toluol in Blut,
BAT-Wert = 3,0 mg/l α -Kresol in Blut,
jeweils gemessen nach Expositions-
ende bzw. Schichtende
- 1997 Herabsetzung des BAT-Wertes auf 1,0 mg/l Toluol in Blut

Aufnahmewege

Der Hauptaufnahmeweg für Toluol beim Menschen ist die Inhalation von Dämpfen (BIA 04/1991b).

Die systemische Vergiftung durch perkutane Resorption von flüssigem Toluol ist unwahrscheinlich, solange keine großen Hautflächen über lange Zeit benetzt sind. Pro Stunde werden ca. 0,17 mg Toluol pro cm² Haut resorbiert (BIA 4/1991b), nach einer anderen Quelle 0,08 ± 0,07 mg · cm⁻² h⁻¹ (Ursin et al. 1995). Bis zu 0,2 –

0,5 mg Toluol pro Liter Blut wurden im Arm von Probanden gefunden, welche die Hand des anderen Arms fünf Minuten lang in flüssiges Toluol getaucht hatten. Diese Blutkonzentration ist fast so hoch wie diejenige, welche durch Einatmung einer Toluol-Atmosphäre von 380 mg/m³ Atemluft erreicht wird. In einer zweiten Studie ergaben sich nach halbständigem Eintauchen einer Hand in Toluol Blutwerte, die ungefähr einem Viertel derjenigen Menge entsprachen, welche nach vierständiger Inhalation von Toluoldämpfen einer Konzentration von 380 mg/m³ Atemluft gemessen wurden (Grandjean 1990). Aus Gemischen mit Methanol wird Toluol noch besser über die Haut aufgenommen (Tsuruta 1996).

Exposition gegen Toluoldämpfe einer Konzentration von 2 280 mg/m³ über 3,5 Stunden führte zu einer Hautresorption, die weniger als 1% der Aufnahme über die Lunge betrug (Grandjean 1990).

Verwendung/Einsatzbereiche

(BIA 4/1991c, Roth 1996, Ullmann 1983)

- Lösungsmittel für verschiedene Natur- und Kunstharze (Harnstoff-, Melamin-, Phenol-Formaldehyd-Harze)
- Lösungsmittel für Illustrationstiefdruckfarben

Ausgangsprodukt für die Herstellung von Trinitrotoluol (TNT), Toluoldiisocyanaten als Polyurethan-Vorprodukt, Benzol, Kresolen, Phenol, Benzoesäure, Caprolactam und Farbstoffen

Bauindustrie:
Lösungsmittelbestandteil von Epoxidharzen, Steinfestigern, Parkett- und anderen Siegeln, Holzkiten und in Vorstrichen und Klebstoffen

Metallindustrie:
Lösungsmittelbestandteil von Lacken, Lackverdünnern, Vorstrichen und Klebstoffen (z.B. PUR-Klebstoffe). Verschnittmittel in Cellulosenitratlacken und Kunstharzen

- Bestandteil verschiedener KW-Gemische (All/AIII) zum Reinigen und Entfetten in geschlossenen Anlagen und in der offenen Anwendung
- Bestandteil von Kaltreinigern (z.B. Waschtische im Kfz-Bereich)
- Benzinbestandteil für Ottomotorkraftstoffe und Dieselmotorkraftstoffe (der Toluolanteil betrug Mitte der 50er Jahre ca. 20 Vol.-%, 1991/1992 4,4 – 15,1 Massen-%)
- Bestandteil von nicht entaromatisierten Stanz- und Ziehölen sowie Korrosionsschutzölen (bei der Blechumformung, Ziehen, Stanzen)
- Bestandteil von Epoxidharzen (Gießen und Laminieren von Epoxidharzen)

Expositionen

Tabelle 20:
MEGA – Toluol

Datenzeitraum: 1985 bis 1991				
Arbeitsbereichsgruppe	Anzahl Messdaten	Anzahl Betriebe	50%-Wert mg/m ³	90%-Wert mg/m ³
Herstellung von Zubereitungen	522	128	10	102
Reinigen, entfetten, manuell +	381	188	6	101
Reinigen, entfetten, maschinell +	50	22	8	96
Kleben (Kunststoff-/Gummiindustrie)	163	62	11	138
Kleben (Holz-/Polstermöbelindustrie)	389	71	7	137
Kleben (Lederverarbeitung/Schuhherstellung)	477	68	41	188
Kleben (Bodenbelagsarbeiten)	375	130	79	438
Pinselfen, Handmalen	557	188	1	117
Farbspritzen (Metallverarbeitung)	497	254	1	24

Datenzeitraum: 1985 bis 1991 (Fortsetzung von Seite 91).				
Arbeitsbereichsgruppe	Anzahl Messdaten	Anzahl Betriebe	50 %-Wert mg/m ³	90 %-Wert mg/m ³
Farbspritzen (Holz-/Polstermöbelindustrie)	799	301	8	43
Farbspritzen (Baugewerbe)	123	28	4	48
Oberflächenbeschichtung (Kunststoff-/Gummiindustrie)	158	64	2	76
Oberflächenbeschichtung (Elektrotechnik, Feinmechanik, Metallverarbeitung)	146	63	2	47
Oberflächenbeschichtung (Holz-/Polstermöbelindustrie)	362	131	18	116
Datenzeitraum: 1992 bis 1997				
Herstellung von Zubereitungen	470	122	4	53
Reinigen, entfetten, manuell +	290	161	4	85
Reinigen, entfetten, maschinell +	47	29	7	21
Kleben (Kunststoff-/Gummiindustrie)	207	76	2	34
Kleben (Holz-/Polstermöbelindustrie)	232	89	1	36
Kleben (Lederverarbeitung/Schuhherstellung)	401	87	14	145
Kleben (Bodenbelagsarbeiten)*	235	97	11	266
Pinself, Handmalen	448	208	2	39
Farbspritzen (Metallverarbeitung)	478	272	2	16
Farbspritzen (Holz-/Polstermöbelindustrie)	1290	497	4	30
Farbspritzen (Baugewerbe)	247	48	11	65
Oberflächenbeschichtung (Kunststoff-/Gummiindustrie)	196	79	1	54
Oberflächenbeschichtung (Elektrotechnik, Feinmechanik, Metallverarbeitung)	142	67	4	30
Oberflächenbeschichtung (Holz-/Polstermöbelindustrie)	556	188	4	71
Illustrationstiefdruck	1430	15	198	258

+ nicht Gebäudereinigung

* bis 1993, danach Rezepturumstellung 90%-Wert 1/10 - 1/2 GW

Es ist zu beachten, dass Expositionsangaben in dieser Tabelle zu branchenübergreifend ausgewerteten Arbeitsbereichen nicht in jedem Fall auf entsprechende branchenspezifische Arbeitsbereiche und Tätigkeiten übertragen werden können.

Detailliertere Darstellungen bzgl. der Exposition in der Bauwirtschaft sind dem Kapitel II.3.2.2 zu entnehmen.

Erratum!

Bitte beachten Sie die Korrekturen in der untersten Tabellenreihe, vorletzte und letzte Spalte.

Datenzeitraum: 1985 bis 1991 (Fortsetzung von Seite 91)				
Arbeitsbereichsgruppe	Anzahl Messdaten	Anzahl Betriebe	50 %-Wert mg/m ³	90 %-Wert mg/m ³
Farbspritzen (Holz-/Polstermöbelindustrie)	799	301	8	43
Farbspritzen (Baugewerbe)	123	28	4	48
Oberflächenbeschichtung (Kunststoff-/Gummiindustrie)	158	64	2	76
Oberflächenbeschichtung (Elektrotechnik, Feinmechanik, Metallverarbeitung)	146	63	2	47
Oberflächenbeschichtung (Holz-/Polstermöbelindustrie)	362	131	18	116
Datenzeitraum: 1992 bis 1997				
Herstellung von Zubereitungen	470	122	4	53
Reinigen, entfetten, manuell +	290	161	4	85
Reinigen, entfetten, maschinell +	47	29	7	21
Kleben (Kunststoff-/Gummiindustrie)	207	76	2	34
Kleben (Holz-/Polstermöbelindustrie)	232	89	1	36
Kleben (Lederverarbeitung/Schuhherstellung)	401	87	14	145
Kleben (Bodenbelagsarbeiten)*	235	97	11	266
Pinself, Handmalen	448	208	2	39
Farbspritzen (Metallverarbeitung)	478	272	2	16
Farbspritzen (Holz-/Polstermöbelindustrie)	1290	497	4	30
Farbspritzen (Baugewerbe)	247	48	11	65
Oberflächenbeschichtung (Kunststoff-/Gummiindustrie)	196	79	1	54
Oberflächenbeschichtung (Elektrotechnik, Feinmechanik, Metallverarbeitung)	142	67	4	30
Oberflächenbeschichtung (Holz-/Polstermöbelindustrie)	556	188	4	71
Illustrationstiefdruck	1430	15	48	198

+ nicht Gebäudereinigung

* bis 1993, danach Rezepturumstellung 90%-Wert 1/10 - 1/2 GW

Es ist zu beachten, dass Expositionsangaben in dieser Tabelle zu branchenübergreifend ausgewerteten Arbeitsbereichen nicht in jedem Fall auf entsprechende branchenspezifische Arbeitsbereiche und Tätigkeiten übertragen werden können.

Detailliertere Darstellungen bzgl. der Exposition in der Bauwirtschaft sind dem Kapitel II.3.2.2 zu entnehmen.

Erratum!

Bitte beachten Sie die Korrekturen in der untersten Tabellenreihe, vorletzte und letzte Spalte.

Datenzeitraum: 1985 bis 1991 (Fortsetzung von Seite 91)				
Arbeitsbereichsgruppe	Anzahl Messdaten	Anzahl Betriebe	50%-Wert mg/m ³	90%-Wert mg/m ³
Farbspritzen (Holz-/Polstermöbelindustrie)	799	301	8	43
Farbspritzen (Baugewerbe)	123	28	4	48
Oberflächenbeschichtung (Kunststoff-/Gummiindustrie)	158	64	2	76
Oberflächenbeschichtung (Elektrotechnik, Feinmechanik, Metallverarbeitung)	146	63	2	47
Oberflächenbeschichtung (Holz-/Polstermöbelindustrie)	362	131	18	116
Datenzeitraum: 1992 bis 1997				
Herstellung von Zubereitungen	470	122	4	53
Reinigen, entfetten, manuell +	290	161	4	85
Reinigen, entfetten, maschinell +	47	29	7	21
Kleben (Kunststoff-/Gummiindustrie)	207	76	2	34
Kleben (Holz-/Polstermöbelindustrie)	232	89	1	36
Kleben (Lederverarbeitung/Schuhherstellung)	401	87	14	145
Kleben (Bodenbelagsarbeiten)*	235	97	11	266
Pinself, Handmalen	448	208	2	39
Farbspritzen (Metallverarbeitung)	478	272	2	16
Farbspritzen (Holz-/Polstermöbelindustrie)	1290	497	4	30
Farbspritzen (Baugewerbe)	247	48	11	65
Oberflächenbeschichtung (Kunststoff-/Gummiindustrie)	196	79	1	54
Oberflächenbeschichtung (Elektrotechnik, Feinmechanik, Metallverarbeitung)	142	67	4	30
Oberflächenbeschichtung (Holz-/Polstermöbelindustrie)	556	188	4	71
Illustrationstiefdruck	1430	15	48	198

+ nicht Gebäudereinigung
* bis 1993, danach Rezepturumstellung 90%-Wert 1/10 - 1/2 GW

Es ist zu beachten, dass Expositionsangaben in dieser Tabelle zu branchenübergreifend ausgewerteten Arbeitsbereichen nicht in jedem Fall auf entsprechende branchenspezifische Arbeitsbereiche und Tätigkeiten übertragen werden können.

Detailliertere Darstellungen bzgl. der Exposition in der Bauwirtschaft sind dem Kapitel II.3.2.2 zu entnehmen.

4.13 1,1,1-Trichlorethan

Identifikationskriterien (BIA 10/1991b)

Synonyme: Methylchloroform, Ethenyltrichlorid, Ethenylchlorid, α -Trichlorethan, Baltane CF[®], Champion Fluid[®], Chlorothene[®], Escothern[®], Aerothene TT[®], Genclene[®], Inhibisol[®], Mecloran[®], Wacker 3*1[®], Vythene C[®]

CAS-Nr.: 71-55-6

Ausgewählte physikalisch-chemische Daten (BIA 10/1991b)

Siedepunkt: 73,7 °C (1013 hPa)

Dampfdruck: 133 hPa (20 °C)
200 hPa (30 °C)
445 hPa (50 °C)

Grenzwertentwicklung (BIA 10/1991b, DFG 1958-1998)

1958 Einführung eines MAK-Wertes von 2 700 mg/m³ (500 ml/m³)

1962 Herabsetzung des MAK-Wertes auf 1 080 mg/m³ (200 ml/m³)

1983 Festlegung eines BAT-Wertes für 1,1,1-Trichlorethan:

550 µl/l 1,1,1-Trichlorethan, gemessen im Blut
20 ml/l 1,1,1-Trichlorethan, gemessen in der Alveolarluft

Aufnahmewege

Die Hauptaufnahme von 1,1,1-Trichlorethan erfolgt durch Inhalation. Annähernd 90% der inhalierten Menge wird durch die Lunge resorbiert (BIA 4/1991b).

Eine perkutane Absorption von 1,1,1-Trichlorethan findet ebenfalls statt (BUA 1995). 1,1,1-Trichlorethan wurde Freiwilligen auf eine Hautfläche von 12,5 cm² aufgebracht und das betroffene Areal zur Verhinderung von Verdunstungsverlusten zwei Stunden lang unter Luftabschluss gehalten. Die 1,1,1-Trichlorethan-Konzentration in der Ausatemluft entsprach derjenigen, die nach zweistündiger inhalativer Exposition von 1,1,1-Trichlorethan-Dämpfen im Bereich von 54 bis 108 mg/m³ Luft gemessen wird (Grandjean 1990). Weitere Experimente ergaben, dass das halbstündige Eintauchen beider Hände in 1,1,1-Trichlorethan eine maximale Konzentration der Substanz in der Ausatemluft hervorruft, die derjenigen einer 30-minütigen inhalativen Dampfexposition im Bereich von 540 bis 2 700 mg/m³ Luft entspricht (Stewart und Dodd 1964).

Expositionen

Tabelle 21:
MEGA - 1,1,1-Trichlorethan

Datenzeitraum: 1985 bis 1991				
Arbeitsbereichsgruppe	Anzahl Messdaten	Anzahl Betriebe	50%-Wert mg/m ³	90%-Wert mg/m ³
Schäumen	97	40	18	218
Reinigen, Entfetten (manuell, maschinell) +	359	203	107	634
Kleben, Beschichten (Kunststoff-/Metall-/Polstermöbelindustrie)	586	200	56	421
Laboratorien	26	7	57	138
Gießerei	65	30	3	16
Datenzeitraum: 1992 bis 1997				
Schäumen	20	15	5	27
Reinigen, Entfetten (manuell, maschinell) +	44	29	22	375 *
Kleben, Beschichten (Kunststoff-/Metall-/Polstermöbelindustrie)	167	91	17	285 **
Laboratorien	***			
Gießerei	***			

+ nicht Gebäudereinigung

* bis 1992

** bis 1995

*** kein Umgang mehr

Es ist zu beachten, dass Expositionsangaben in dieser Tabelle zu branchenübergreifend ausgewerteten Arbeitsbereichen nicht in jedem Fall auf entsprechende branchenspezifische Arbeitsbereiche und Tätigkeiten übertragen werden können.

Gasförmiges 1,1,1-Trichlorethan wird nur in geringem Maß über die Haut resorbiert (McDougal et al. 1990).

Verwendung/Einsatzbereiche

(BIA 10/1991b, Roth 1996, Ullmann 1983)

1,1,1-Trichlorethan wurde bis 1991 mehr und mehr als Ersatzstoff für Trichlorethen und

Tetrachlorethen verwendet. Aufgrund der 2. Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutz-Gesetzes vom 10.12.1990 und durch die FCKW-Halon-Verbotsverordnung vom 6.5.1991 gilt für 1,1,1-Trichlorethan ein Verwendungsverbot. Das Verbot beschränkt sich nicht nur auf Reinigungs- und Entfettungsarbeiten in der Metallindustrie, sondern auch auf Klebearbeiten oder Tätigkeiten in anderen

Branchen, z.B. der Holz- und Kunststoffindustrie und des Bekleidungsgebietes. 1,1,1-Trichlorethen wurde vollständig durch Ersatzstoffe ausgetauscht. Die Produktion wird voraussichtlich bis zum Jahr 2005 eingestellt.

Frühere Einsatzbereiche:

Lösungsmittel für Lacke, Öle, Fette, Wachse, Harze

Einsatz in Asphalt- und Baustofflaboratorien als Extraktionsmittel

Entfettungs-, Reinigungs- und Abbeizmittel in verschiedenen Industriebereichen (z.B. Automobil-, Flugzeug-, Metall- und Kunststoffindustrie). Reinigung in geschlossenen und halbgeschlossenen Anlagen (mit Randabsaugung und Deckel) oder offene, großflächige Reinigung mit Lappen, Bürsten und Hochdruckgerät

Lösungsmittel für Öle, Fette und Wachse in sogenannten Befettungsanlagen

Entfettungsmittel in der Elektronikindustrie, Entferner für Löt-Flußmittel

Treib- und Lösungsmittel für Montage-schäume (z.B. Polyurethanschäume) in Druckgasverpackungen

Papierindustrie: Trägerlösung für Silikon- und andere Schutzbeschichtungen

Textilindustrie: Warenschau

Bekleidungsindustrie: Fleckenmittel (Kalt-Detachur)

Leim-/Klebstoffindustrie: Bestandteil z.B. in speziellen Polyurethanklebstoffen

- Reinigungsmittel im Buch-/ Offsetdruck (bis 1991)

4.14 Trichlorethen

Identifikationskriterien (BIA 4/1997)

Synonyme: Trichlorethylen, Tri, Ethyltrichlorid

CAS-Nr.: 79-01-6

Ausgewählte physikalisch-chemische Daten (BIA 4/1997)

Siedepunkt: 86,7 °C (1013 hPa)

Dampfdruck: 77,1 hPa (20°C)

128 hPa (30°C)

290 hPa (50°C)

Grenzwertentwicklung

(BIA 4/1997, DFG 1958-1998)

1958 Einführung eines MAK-Wertes von 1 050 mg/m³ (200 ml/m³)

1960 Herabsetzung des MAK-Wertes auf 520 mg/m³ (100 ml/m³)

1970 Herabsetzung des MAK-Wertes auf 270 mg/m³ (50 ml/m³)

- 1976 Einstufung als III-B-Stoff
(Stoffe mit begründetem Verdacht auf Krebs erzeugendes Potential)
- 1997 Einstufung als Krebs erzeugend K 3
(Stoffe, die wegen möglicher Krebs erregender Wirkung beim Menschen Anlass zur Besorgnis geben, über die jedoch nicht genügend Informationen für eine befriedigende Beurteilung vorliegen. Aus geeigneten Tierversuchen liegen einige Anhaltspunkte vor, die jedoch nicht ausreichen, den Stoff als gefährlicher einzustufen).
(Von der DFG-Senatskommission ist Trichlorethen in die Kategorie IIIA 1 eingestuft worden, im Beraterkreis Toxikologie wird z.Z. eine Einstufung in die Gruppe K 1 diskutiert.)

- 1981 Festlegung eines BAT-Wertes für Trichlorethen:
5 mg/l Trichlorethen, gemessen im Blut
- 1985 5 mg/l Trichlorethen, gemessen im Blut
100 mg/l Trichloressigsäure, gemessen im Harn

Aufnahmewege

Die Hauptaufnahme von Trichlorethen erfolgt durch Inhalation. Beim Menschen ist die pulmonale Resorptionsrate von der

Trichlorethen-Konzentration in der Atemluft und vom Atemvolumen (und damit von der körperlichen Konstitution) abhängig (BIA 04/1997).

Halbstündiges Eintauchen einer Hand in flüssiges Trichlorethen führte zu einer Resorption, die etwa einem Drittel derjenigen Menge entsprach, welche über die Atemwege nach vierstündigem Verweilen in Trichlorethen-Dampf einer Konzentration von 540 mg/m³ Atemluft erreicht wird. Bei normalem Umgang mit Trichlorethen ist nicht mit einer dermalen Resorption toxischer Mengen zu rechnen (Grandjean 1990, BIA 4/1997).

Verwendung/Einsatzbereiche (BIA 4/1997, BUA 6/1991, Roth 1996, VCI 1997)

Aufgrund der 2. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutz-Gesetzes vom 10.12.1990 darf Trichlorethen nur noch bei Erfüllung bestimmter technischer Anforderungen z.B. in Metallentfettungsanlagen eingesetzt werden.

Nach einem VCI-Bericht waren 1986 ca. 2000 t Trichlorethen im Einsatz. Der Verbrauch ging bis 1992 um ca. 75% zurück.

- Glasindustrie: Reinigungs-, Entfettungs- und Extraktionsmittel
- Extraktionsanlagen: Entkoffeinierung von Kaffee, Carotinextraktion aus Palmöl

Expositionen

Tabelle 22:
Mt:GA - Trichlorethen

Datenzeitraum: 1985 bis 1991				
Arbeitsbereichsgruppe	Anzahl Messdaten	Anzahl Betriebe	50%-Wert mg/m ³	90%-Wert mg/m ³
Herstellung von Zubereitungen	40	17	16	212
Reinigen, Entfetten +	748	267	83	547
Oberflächenbeschichtung Kunststoff-/Gummiindustrie (Gießen, Tauchen, Laminieren, Kleben, Farbspritzen, Drucken)	76	28	27	365
Oberflächenbeschichtung Metall-/Leder-/Polstermöbelindustrie/Elektrotechnik (Gießen, Tauchen, Laminieren, Kleben, Farbspritzen, Drucken)	115	59	6	255
Datenzeitraum: 1992 bis 1997				
Herstellung von Zubereitungen	18	10	27	183
Reinigen, Entfetten +	179	79	61	283 *
Asphalt- und Baustofflaboratorien	39	9	70	362
Oberflächenbeschichtung Kunststoff-/Gummiindustrie (Gießen, Tauchen, Laminieren, Kleben, Farbspritzen, Drucken)	56	26	55	318
Oberflächenbeschichtung Metall-/Leder-/Polstermöbelindustrie/Elektrotechnik (Gießen, Tauchen, Laminieren, Kleben, Farbspritzen, Drucken)	38	23	5	39

+ nicht Gebäudereinigung * bis 1992
Es ist zu beachten, dass Expositionsangaben in dieser Tabelle zu branchenübergreifend ausgewerteten Arbeitsbereichen nicht in jedem Fall auf entsprechende branchenspezifische Arbeitsbereiche und Tätigkeiten übertragen werden können.
Detailliertere Darstellungen bzgl. der Exposition in der Bauwirtschaft sind dem Kapitel II.3.2.2 zu entnehmen.

- Verwendung in der Metallindustrie, siehe unter Tetrachlorethen.
Ob Trichlorethen oder Tetrachlorethen zum Einsatz kommen, bleibt dem Betreiber der Entfettungsanlagen überlassen. Für Trichlorethen spricht in erster Linie der niedrige Siedepunkt, d.h., die Energiekosten sind niedrig. Dagegen ist die

Stabilität von Tetrachlorethen höher. Auch der niedrigere Preis spricht für Tetrachlorethen.

- Einsatz als Lösungsmittel für Fette, Öle, Wachse, Harze und Kautschuk
- Lösungsmittelbestandteil in der Kunststoff-Verarbeitung
- Papierindustrie: Herstellung von Pappe
- Einsatz in Asphalt- und Baustofflabors als Extraktionsmittel
- Aufbereitung von Gasreinigungs- und anderen schwefelhaltigen Produkten
- Reinigungsmittel im Buch-/Offsetdruck (bis 1990)

einander liegenden Siedepunkte erfolgt zumeist keine Isomerentrennung. Handelsübliches Xylol speziell mit der Bezeichnung „Reinxylol“ enthält ca. 25% Ethylbenzol.

Siedepunkte:

o-Xylol	144,41 °C	(1013 hPa)
m-Xylol	139,10 °C	(1013 hPa)
p-Xylol	138,35 °C	(1013 hPa)

Dampfdruck:

o-Xylol	6,7 hPa	(20 °C)
	12,0 hPa	(30 °C)
	32,2 hPa	(50 °C)
m-Xylol	8,0 hPa	(20 °C)
	14,7 hPa	(30 °C)
	40,0 hPa	(50 °C)
p-Xylol	8,2 hPa	(20 °C)
	16,0 hPa	(30 °C)
	43,0 hPa	(50 °C)

4.15 Xylol (Isomerengemisch aus o-, m-, p-Xylol)

Identifikationskriterien (BIA 4/1993)

Synonyme: o-, m-, p-, Dimethylbenzol

CAS-Nr.: 1330-20-7

Ausgewählte physikalisch-chemische Daten (BIA 4/1993)

Handelsübliches Xylol besteht aus einem Gemisch aus den Isomeren o-Xylol (20 – 25%), m-Xylol (50 – 60%) und p-Xylol (20 – 25%). Aufgrund der dicht bei-

Grenzwertentwicklung

(BIA 4/1993, DFG 1958-1998)

- 1958 Einführung eines MAK-Wertes von 870 mg/m³ (200 ml/m³)
- 1983 Herabsetzung des MAK-Wertes auf 440 mg/m³ (100 ml/m³)
- 1984 Festlegung eines BAT-Wertes für Xylol: 1,5 mg/l Xylol in Blut bzw. 2000 mg/l Methylhippursäure im Harn, jeweils gemessen nach Expositionsende bzw. Schichtende

Expositionen

Tabelle 23:
MEGA – Xylol

Datenzeitraum: 1985 bis 1991				
Arbeitsbereichsgruppe	Anzahl Messdaten	Anzahl Betriebe	50%-Wert mg/m ³	90%-Wert mg/m ³
Herstellung von Zubereitungen	831	201	39	188
Reinigen, Entfetten +	482	237	11	162
Beschichtung – Kunststoffindustrie	369	137	3	33
Beschichtung – Metallbe-/verarbeitung	1603	530	8	125
Beschichtung – Elektrotechnik/Feinmechanik	630	249	5	43
Beschichtung – Holzbe-/verarbeitung, Polstermöbel	1295	379	7	35
Beschichtung – Lederverarbeitung/Schuhherstellung	39	10	2	5
Beschichtung – Keramikindustrie	124	45	1	33
Beschichtung – Baugewerbe	936	225	11	183
Laboratorien	39	20	12	48
Gießerei	67	35	1	26
Datenzeitraum: 1992 bis 1997				
Herstellung von Zubereitungen	808	198	25	132
Reinigen, Entfetten +	384	215	5	84
Beschichtung – Kunststoffindustrie	397	145	1	16
Beschichtung – Metallbe-/verarbeitung	1428	599	6	71
Beschichtung – Elektrotechnik/Feinmechanik	569	236	2	35
Beschichtung – Holzbe-/verarbeitung, Polstermöbel	2084	654	3	25
Beschichtung – Lederverarbeitung/Schuhherstellung	48	14	1	8
Beschichtung – Keramikindustrie	224	82	2	33
Beschichtung – Baugewerbe	1155	332	25	420
Laboratorien	78	46	2	25
Gießerei	54	27	7	93

† nicht Gebäudereinigung

Es ist zu beachten, dass Expositionsangaben in dieser Tabelle zu branchenübergreifend ausgewerteten Arbeitsbereichen nicht in jedem Fall auf entsprechende branchenspezifische Arbeitsbereiche und Tätigkeiten übertragen werden können.

Detailliertere Darstellungen bzgl. der Exposition in der Bauwirtschaft sind dem Kapitel II.3.2.2 zu entnehmen.

Aufnahmewege

Der Hauptaufnahmeweg für Xylol ist der Atemweg. Von der inhalierten Dosis werden ca. 60 bis 70 % über die Lunge resorbiert (BIA 4/1993).

Die Hautresorptionsrate für flüssiges m-Xylol wird im Bereich von 42 bis 260 $\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ angegeben, teilweise finden sich in der Literatur auch höhere Werte. 15-minütiges Eintauchen beider Hände in flüssiges m-Xylol ergab eine Aufnahme von ca. 35 mg, was ungefähr der Menge entspricht, die in gleicher Zeit bei inhalativer Exposition gegen eine Dampfkonzentration von 440 mg/m^3 über die Atemwege aufgenommen würde. Für o- und p-Xylol sollten die Resorptionsraten in der gleichen Größenordnung liegen (Grandjean 1990).

Dampfförmiges Xylol wird nur in untergeordnetem Maße über die Haut resorbiert (BIA 4/1991b, McDougal 1990).

Verwendung/Einsatzbereiche

(BIA 4/1993, BG Chemie 10/1988, Ullmann 1983)

- Bestandteil in Kraftstoffen für Ottomotoren zur Erhöhung der Octanzahl
- Lösungsmittel für Lacke, Farben, Klebstoffe, Wachse, Harze, Fette
- Oberflächenbehandlung
- Petrochemie
- Kokereien
- spezielle Desinfektionsmittel (z.B. in antiseptischen Seifen)
- Bestandteil von Herbizid- und Insektizidformulierungen
- Bestandteil von Alterungsinhibitoren bei Gummi
- Terpentinersatzstoffe
- Ausgangsprodukt für viele Polymerisationsharze (ähnlich wie auch Mesitylen, Cumol, Cymol und Styrol)
- Speziallösungsmittel

Die in Teil II.1 aufgeführten 15 Lösungsmittel können in allen zwei, drei und mehr Lösungsmittel enthaltenden Gemischkombinationen in Produkten vorkommen. Produkte sind selten Zweikomponentengemische, sondern oft aus vier und mehr Inhaltsstoffen zusammengesetzt, zu denen meist auch andere arbeitsmedizinisch relevante Stoffe gehören (BAuA 1988). In den Sicherheitsdatenblättern müssen die Lösungsmittel, entsprechend ihrer Einstufung, ab einem bestimmten Gehalt in Gew.-% genannt werden (siehe Tabelle 1).

5.1 Mögliche Lösungsmittelgemische

Aufgrund des ähnlichen chemisch-physikalischen Verhaltens werden die aromatischen Kohlenwasserstoffe Toluol und Xylol sehr oft als Gemischkombinationen in Produkten gefunden. Auch Kombinationen der aromatischen Kohlenwasserstoffe mit Ethanol und Methanol sowie mit 2-Butanon kommen häufig vor. Die aliphatischen Kohlenwasserstoffe Hexan und Heptan werden jedoch in Produkten selten als reine Inhaltsstoffe eingesetzt. Sie sind in den Produkten in Form der entsprechenden Erdöl-Siedeschnitte enthalten.

Gemischkombinationen mit den Chlorkohlenwasserstoffen Dichlormethan, 1,1,1-Trichlorethan, Trichlorethen und Tetra-

chlorethen kommen nur vereinzelt in Produkten vor. Dies ist in erster Linie eine Auswirkung des Rückgangs der Verwendung von Chlorkohlenwasserstoffen, die durch die Anwendungsbeschränkungen der 2. BImSchV hervorgerufen wurde.

5.2 Kohlenwasserstoff-Lösungsmittelgemische

Die Kohlenwasserstoff-Verbindungen n-Hexan, n-Heptan, Benzol (A), Toluol, Xylol und Styrol enthalten sechs, sieben oder acht Kohlenstoffatome und siedeln im Bereich 68–146 °C (aliphatische Kohlenwasserstoffe, Siedebereich 68–99 °C; aromatische Kohlenwasserstoffe, Siedebereich 80–146 °C). Daher werden im Folgenden nur Kohlenwasserstoff-Lösungsmittel besprochen, die diese sechs Verbindungen enthalten können.

Da als Inhaltsstoffe im Produkt oft die Namen von Fraktionen der Erdöldestillation angegeben werden, kann nicht sofort erkannt werden, ob die genannten Kohlenwasserstoff-Verbindungen enthalten sind. Insbesondere die aliphatischen Kohlenwasserstoffe n-Hexan und n-Heptan werden

(A) Benzol ist nur noch als verfahrensbedingte Verunreinigung relevant. Gefahrstoffe mit einem Massengehalt von gleich oder mehr als 0,1 % Benzol dürfen nicht verwendet werden. Ausnahmen regelt die Gefahrstoffverordnung in Anhang IV Nr. 4.

daher in wenigen Produkten deklariert, obwohl sie dennoch enthalten sein können. Auch Styrol nimmt eine gewisse Sonderstellung ein. Es wird als Lösungsmittel (Römpp 1989-1992) und Reaktionspartner für ungesättigte Polyesterharze oder zur Styrolisierung eingesetzt, daher ist Styrol besser als Reaktivlösungsmittel zu beschreiben und nicht als organisches bzw. Kohlenwasserstoff-Lösungsmittel.

Für die verschiedenen Fraktionen der Erdöldestillation werden in der Regel gebräuchliche Bezeichnungen verwendet, die keine Hinweise auf die Einzelkomponenten geben, wie zum Beispiel (Römpp 1989-1992, VCI 1997):

Leichtbenzin (Tops)

Fraktion der atmosphärischen Destillation des Erdöls, mit Siedegrenzen von 70 bis 90 °C (hauptsächlich n-Hexan und n-Heptan).

Pyrolysebenzin

Beim Steam-Kracken von Naphtha anfallendes, aromatenreiches Kohlenwasserstoffgemisch, zwischen 60 und 160 °C siedend.

Schwerbenzin

Höher siedende Fraktion der atmosphärischen Destillation des Erdöls, mit Siede-

grenzen von 100 bis 200 °C. Gelegentlich auch als Testbenzin bezeichnet. Vielfach werden Leicht- und Schwerbenzin als **Naphtha** zusammengefasst.

Siedegrenzbenzine („Spezialbenzin“)

sind aromatenfreie Benzinschnitte, mit Siedegrenzen von 60 bis 140 °C.

Testbenzin

auch „White Spirit“ oder „Mineralterpentin“ genannt, bezeichnet höher siedende Benzinfraktionen (Siedebereich von 130 bis 200 °C, Flammpunkt > 21 °C), die in der Regel um ca. 20 % Aromaten enthalten.

Diesen Bezeichnungen sind in den Sicherheitsdatenblättern CAS-Nummern technischer Gemische zugeordnet. Dabei werden jedoch von den Herstellern je nach Siedeschnitt zu einer CAS-Nummer verschiedene Bezeichnungen, aber auch zu einer Bezeichnung verschiedene CAS-Nummern angegeben.

Die gebräuchlichen Bezeichnungen werden häufig durch Zahlenkombinationen erweitert, die je nach chemischer Struktur der Kohlenwasserstoffe (VCI 1997)

- den Siedebereich charakterisieren (z.B. Spezialbenzin 60/95; Siedebereich 60-95°C) aus der Gruppe der

labelle 23:
Leichte aliphatische Kohlenwasserstoffgemische (VCI 1997)

Leichte aliphatische Kohlenwasserstoffgemische Siedebereich 35 – 140 °C Der Gehalt an Aromaten liegt wahrscheinlich unter einem Prozent		mögliche LM (Aromaten ^(A))
Siedegrenzbenzin 60/95 CAS-Nr. 64742-49-0	Siedebereich 63-100 °C	n-Hexan, n-Heptan, (Benzol ^(A) , Toluol)
Siedegrenzbenzin 80/110 CAS-Nr. 64742-49-0	Siedebereich 78-113 °C	n-Heptan, (Benzol ^(A) , Toluol)
Siedegrenzbenzin 100/140 CAS-Nr. 64742-49-0	Siedebereich 98-140 °C	n-Heptan, (Benzol ^(A) , Toluol, Xylol)
Petrolether CAS-Nr. 8032-32-4 EG-Nr. 232-453-7 (aber auch CAS-Nr. 64742-49-0)	Komplexe Kombination von Kohlenwasserstoffen aus der fraktionierten Destillation von Erdöl. Diese Fraktion siedet im Bereich von etwa 20 °C bis 135 °C.	n-Hexan, n-Heptan, (Benzol ^(A) , Toluol)
Rubber Solvent	C5-C8 Kohlenwasserstoffe Siedebereich 45-125 °C	n-Hexan, n-Heptan, (Benzol ^(A) , Toluol)

^(A) Benzol ist nur noch als verfahrensbedingte Verunreinigung relevant. Gefahrstoffe mit einem Massegehalt von gleich oder mehr als 0,1 % Benzol dürfen nicht verwendet werden. Ausnahmen regelt die Gefahrstoffverordnung in Anhang IV Nr. 4.

labelle 24:
Schwere aliphatische Kohlenwasserstoffgemische (VCI 1997)

Schwere aliphatische Kohlenwasserstoffgemische Siedebereich 135 – 330 °C		mögliche LM Zuordnung nach Sdp. und Kohlenstoffzahl
Testbenzin, allgemein	Siedebereich 135-330 °C Charakterisierung durch Flammpunktangabe, z.B. Benzin 21	Xylol
Testbenzin, aromatenhaltig	Siedebereich 135-330 °C	Xylol
Testbenzin, aromatenfrei	Siedebereich 135-330 °C	
Benzin 21	Siedebereich 135-180 °C	Xylol

Tabelle 25:
Aromatische Kohlenwasserstoffgemische

Aromatische Kohlenwasserstoffgemische Siedebereich 136 – 310 °C	mögliche LM Zuordnung nach Sdp. und Kohlenstoffzahl
Solvent Naphtha (Kohle), leicht; Leichtöl-Redestillat, tief siedend CAS-Nr. 85536-17-0; EG-Nr. 287-498-5	
Solvent Naphtha (Kohle), Cumaron-Styrolhaltig; Leichtöl-Redestillat, mittel siedend CAS-Nr. 85536-19-2; EG-Nr. 287-500-4	Styrol
Solvent Naphtha (Kohle), Xylol-Styrolschnitt; Leichtöl-Redestillat, mittel siedend CAS-Nr. 85536-20-5; EG-Nr. 287-502-5	Xylol, Styrol

leichten aliphatischen Kohlenwasserstoffgemische (35–140 °C)

- den Flammpunkt beschreiben (z.B. Benzin 21; Siedebereich 135–180 °C, Flammpunkt 21 °C) aus der Gruppe der schweren aliphatischen Kohlenwasserstoffgemische (135–330 °C) oder
- den steigenden Charakter der Siedebereiche angeben (z.B. Solvent Naphtha 100; Siedebereich 165–180 °C, Solvent Naphtha 150; Siedebereich 180–210 °C aus der Gruppe der aromatischen Kohlenwasserstoffgemische (165–310 °C).

Die Namen der technischen Gemische deuten auf die Herkunft der Fraktion aus dem technischen Prozess hin. Aus Anhang 1 der Richtlinie 67/548/EWG in der jeweils gültigen Fassung kann man zu dem Namen und der CAS-Nummer eine chemische

Charakterisierung entnehmen, die jedoch in den meisten Fällen bei den Produkten nicht hinterlegt ist.

Die chemische Charakterisierung ist häufig wie folgt gegliedert:

- Herkunft aus dem technischen Prozess
- chemische Struktur der Kohlenwasserstoffe (z.B. aliphatisch, alicyclisch, aromatisch, naphthenisch, olefinisch oder paraffinisch)
- Hinweis auf die Anzahl der Kohlenstoffatome, aus denen die Kohlenwasserstoffe vorwiegend bestehen
- Siedebereich

Dementsprechend können alle technischen Kohlenwasserstoffgemische für die BK 1317 relevant sein, deren Charakterisierung auf die hier besprochenen Kohlenwasserstoff-Lösungsmittel zutrifft.

In Anhang 1 der Richtlinie 67/548/EWG sind ca. 700 technische Kohlenwasserstoffgemische eingestuft. Ungefähr 140 dieser Gemische können nach ihrer chemischen Charakterisierung die oben genannten Kohlenwasserstoff-Lösungsmittel enthalten!

5.3 Verwendung von Lösungsmittelgemischen

Die Verwendung von nur einem Lösungsmittel in einem Produkt ist eher die Ausnahme. In der Regel werden Lösungsmittelgemische aus meist zwei bis sechs Lösungsmitteln in Produkten verwendet.

Dazu können unter anderem folgende Gründe aufgeführt werden:

- Die gewünschten Produkteigenschaften können erst durch die Verwendung von Gemischen erfüllt werden,
- technische Gemische von Kohlenwasserstoff-Lösungsmitteln sind preiswerter als die Reinstoffe.

Lösungsmittelgemische werden dementsprechend in fast allen Anwendungsbereichen eingesetzt. Nachstehend genannte Bezeichnungen zu Lösungsmittelgemischen und deren Anwendungsbereiche sind als Hinweis auf die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten zu verstehen und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Anwendungsbereiche für Kohlenwasserstoffgemische (BUA 1988, VCI 1997):

- Verdünnungsmittel Lack- und Farbenindustrie
- Lösungsmittel in Druckereien
- Lösungsmittel für schnelltrocknende Klebstoffe
- in der Papierindustrie
- Klebebänder, Heftpflaster und Kautschuklösungen
- Reinigungs- und Entfettungsmittel
- Entwachsung
- Metallentfettung
- Lösungsmittel in der Chemischreinigung
- Fleckenfernungsmittel bei der Textil- und Bekleidungsherstellung
- Stellsubstanzen für moderne Analysemethoden
- Extraktionsmittel und Reaktionsmedium

Anwendungsbereiche von Lösungsmittelgemischen:

○ In folgenden u.a. im Baugewerbe eingesetzten Produkten:

- Abbeizer
- Dichlormethan-haltig
- CKW-frei
- Vorstriche und Klebstoffe
- Dispersions-Produkte
- Epoxidharz-Produkte

5 Gemische neurotoxischer Lösungsmittel

- Stark lösungsmittelhaltige Produkte
- Polyurethan-Produkte
- Holzkitte und Versiegelungen
- Parkettsiegel
- Grundsiegel
- Ölkunstharzsiegel
- Polyurethansiegel
- Säurehärtende Siegel
- Bautenlacke
- Holzschutzmittel, Insektizide
- Schalöle
- Reinigungsmittel
- Epoxidharze
- Hydrophobierungsmittel, Steinfestiger, Steinpolituren

- In folgenden u.a. in der **Metallverarbeitung, Elektrotechnik, Feinmechanik, Polstermöbel- und Holzwirtschaft** eingesetzten Produkten:

- Oberflächenreinigungsmittel
- Reiniger mit nicht wassermischbaren Lösungsmitteln:
 - Kaltreiniger CKW-haltig,
 - KW-Reiniger CKW-frei,
 - Nitroverdünner
- Klebstoffe
- Farben, Lacke

- In folgenden im **Druckereigewerbe** eingesetzten Produkten:

Lösungsmittel im Offsetdruck

- Benzine

Lösungsmittel im Siebdruck

- Toluol, n-Heptan, Xylol, Benzine

- In folgenden im **Schuhgewerbe** eingesetzten Produkten:

Schuhherstellung / Schuhreparaturen

Klebstoffe

- Toluol, n-Heptan, Butanon

Schuhfinish, Verdünner

- Xylol

Sohlenlöser

- Toluol, Dichlormethan*,
1,1,1-Trichlorethan*, Trichlorethen*

Trennmittel

- Dichlormethan*

* Aus Umweltschutzgründen (FCKW-Halon-Verbotsverordnung, 2. BImSchV) nicht mehr enthalten.

III Empfehlungen zur ärztlichen Begutachtung

1.1 Polyneuropathie

1.1.1 Definition

Polyneuropathien sind Erkrankungen des peripheren Nervensystems, die gleichmäßig oder unterschiedlich motorische, sensible und vegetative Fasern betreffen. Die klinische Manifestation ist je nach symmetrischem oder asymmetrischem Verteilungstyp unterschiedlich. Distalsymmetrische rein sensible, sensibelmotorische oder motorisch-sensible, seltener rein motorische und autonome Neuropathien werden unterschieden. Bei asymmetrischem Verteilungstyp kann eine fokale oder multifokale Neuropathie im Sinne einer Multiplex-Polyneuropathie vorliegen. Unter histopathologischen Gesichtspunkten können Neuropathien mit Befall der kleinen myelinisierten und unmyelinisierten Fasern und solche mit vorwiegendem Befall der großen stark myelinisierten Faserkaliber unterschieden werden. Unter Einbeziehung der neurophysiologischen Untersuchungsdaten wird zwischen einem vorwiegend axonalen oder vorwiegend demyelinisierenden Läsionstyp unterschieden.

1.1.2 Synonyme und Abgrenzung zu anderen Krankheiten

Der Begriff „Polyneuritis“ bezieht sich ausschließlich auf entzündliche Erkrankungen

des peripheren Nervensystems, insbesondere auf die Autoimmun-Neuropathien und die Polyradikulitis. Der Begriff „Neuropathie“ wird häufig synonym für Polyneuropathien verwendet.

Eine Abgrenzung gegenüber radikulären Syndromen, Nervenwurzelirritationen durch Bandscheiben, Kompressionsschäden peripherer Nerven sowie schließlich gegenüber arteriellen Durchblutungsstörungen der Extremitäten ist notwendig.

1.1.3 Leitsymptome der Polyneuropathie

Die typischen Symptome betreffen: Sensibilitätsstörungen in strumpf- und handschuhförmiger Anordnung (Oberflächen-, Tiefensensibilität, Schmerz- und Berührungsempfinden, Temperaturempfinden, Lage- und Vibrationsempfinden, Zweipunktdiskrimination und Zahlenerkennen, Abschwächung oder Ausfall der Muskeleigenreflexe (Hypo- bzw. Areflexie), Muskelparesen und -atrophien, neurovegetative Funktionsstörungen). In bestimmten Fällen können Hirnnervenstörungen zum Krankheitsbild der Polyneuropathie hinzukommen.

1.1.4 Hinweise zur Ätiologie und Differentialdiagnose

Die Ätiopathogenese der Polyneuropathien ist mannigfaltig und betrifft hereditäre, ent-

1 Krankheitsbild und Diagnose

1.1 Polyneuropathie

1.1.1 Definition

Polyneuropathien sind Erkrankungen des peripheren Nervensystems, die gleichmäßig oder unterschiedlich motorische, sensible und vegetative Fasern betreffen. Die klinische Manifestation ist je nach symmetrischem oder asymmetrischem Verteilungstyp unterschiedlich. Distalsymmetrische rein sensible, sensibelmotorische oder motorisch-sensible, seltener rein motorische und autonome Neuropathien werden unterschieden. Bei asymmetrischem Verteilungstyp kann eine fokale oder multifokale Neuropathie im Sinne einer Multiplex-Polyneuropathie vorliegen. Unter histopathologischen Gesichtspunkten können Neuropathien mit Befall der kleinen myelinisierten und unmyelinisierten Fasern und solche mit vorwiegendem Befall der großen stark myelinisierten Faserkaliber unterschieden werden. Unter Einbeziehung der neurophysiologischen Untersuchungsdaten wird zwischen einem vorwiegend axonalen oder vorwiegend demyelinisierenden Läsionstyp unterschieden.

1.1.2 Synonyme und Abgrenzung zu anderen Krankheiten

Der Begriff „Polyneuritis“ bezieht sich ausschließlich auf entzündliche Erkrankungen

des peripheren Nervensystems, insbesondere auf die Autoimmun-Neuropathien und die Polyradikulitis. Der Begriff „Neuropathie“ wird häufig synonym für Polyneuropathien verwendet.

Eine Abgrenzung gegenüber radikulären Syndromen, Nervenwurzelirritationen durch Bandscheiben, Kompressionsschäden peripherer Nerven sowie schließlich gegenüber arteriellen Durchblutungsstörungen der Extremitäten ist notwendig.

1.1.3 Leitsymptome der Polyneuropathie

Die typischen Symptome betreffen: Sensibilitätsstörungen in strumpf- und handschuhförmiger Anordnung (Oberflächen-, Tiefensensibilität, Schmerz- und Berührungsempfinden, Temperaturempfinden, Lage- und Vibrationsempfinden, Zweipunktdiskrimination und Zahlenerkennen, Abschwächung oder Ausfall der Muskeleigenreflexe (Hypo- bzw. Areflexie), Muskelparesen und -atrophien, neurovegetative Funktionsstörungen). In bestimmten Fällen können Hirnnervenstörungen zum Krankheitsbild der Polyneuropathie hinzukommen.

1.1.4 Hinweise zur Ätiologie und Differentialdiagnose

Die Ätiopathogenese der Polyneuropathien ist mannigfaltig und betrifft hereditäre, ent-

zündliche (virale, bakterielle und parainfektiöse), immunologisch bedingte, metabolische, vaskuläre, toxische und paraneoplastische Krankheitsbilder.

Das typische Erscheinungsbild einer Lösungsmittel-Neuropathie besteht in einer distalsymmetrischen sensiblen oder sensorischen Polyneuropathie. Asymmetrische, multifokale oder rein motorische oder rein autonome Neuropathien sind ungewöhnlich und stellen praktisch ein Ausschlusskriterium für den Ursachenzusammenhang dar. Ein schwerpunktmäßiger Befall der Hirnnerven ist ungewöhnlich. Lediglich in seltenen Einzelfällen wurden Trigeminoströrungen bei Exposition durch Trichlorethylen beobachtet.

Toxische Polyneuropathien und damit auch Lösungsmittel-Polyneuropathien sind grundsätzlich selbstbegrenzende Krankheitsbilder. Nach Beendigung der Exposition ist damit, abhängig vom Schweregrad der initialen Läsion, nach einem mehr oder minder langen Intervall mit einer Remission zu rechnen. Diese ist in der Regel nach zwei bis drei Jahren abgeschlossen. Nachuntersuchungen bei Patienten mit Schnüfler-Neuropathie haben die Rückbildung des Krankheitsbildes ergeben (Altenkirch 1998, Chadwick et al. 1991). Ein Fortschreiten des Krankheitsbildes nach Beendigung der Exposition über Monate und Jahre ist ein Ausschlusskriterium

für eine Ätiopathogenese durch organische Lösungsmittel.

1.1.5 Diagnosekriterien der Polyneuropathie

Subjektive Symptome einer Polyneuropathie betreffen typischerweise die distalen Abschnitte der Extremitäten, d.h. Fußsohlen, Zehenspitzen sowie Fingerspitzen und Handflächen. Die Sensibilitätsstörungen breiten sich von distal nach proximal aufsteigend aus. Die Symptome nehmen ferner typischerweise nachts als sog. nokturne Parästhesien zu. Ein gehäuftes Auftreten von Wadenkrämpfen ist ein weiteres häufiges Begleitsymptom.

Missempfindungen am ganzen Körper, von „Kopf bis Fuß“, ein allgemeines Jucken der Haut sind nicht die typischen subjektiven Symptome einer Neuropathie und lassen sich durch entsprechende Exploration abgrenzen.

Objektive pathologische Befunde zur Diagnose einer Lösungsmittel-Polyneuropathie sind:

- Distalsymmetrischer sensibler Manifestationstyp bzw. sensomotorische Neuropathie
- Hypo- bzw. Areflexie der unteren Extremitäten

- Distalsymmetrische Paresen
- Distalsymmetrische strumpf- bzw. handschuhförmig angeordnete Sensibilitätsstörungen für Ästhesie, Algesie, Vibrationsempfinden, Temperaturempfinden, Lageempfinden, Zweipunktdiskrimination
- Neurovegetative Begleitsymptome wie z.B. Hypo- oder Hyperhidrosis der Fußsohlen, Hyperkeratose und Nagelbettveränderungen
- Reduktion der Nervenleitgeschwindigkeiten und distalen Latenzen in der Elektroneurographie sowie Zeichen eines akuten oder chronischen neurogenen Schädigungsprozesses im Elektromyogramm

1.2 Enzephalopathie

1.2.1 Definition

Als Enzephalopathie bezeichnet man nicht-entzündliche Erkrankungen oder Schädigungen des Gehirns unterschiedlicher Genese. Eine Enzephalopathie ist streng genommen keine Entität und keine Diagnose, sondern der Oberbegriff für Strukturschädigungen und Funktionsstörungen des Gehirns.

Unter einer toxischen Enzephalopathie versteht man ein Krankheitsbild, das Folge einer direkten oder indirekten Schädigung

des Gehirns oder von Teilen des Gehirns durch exogen aufgenommene oder im Stoffwechsel entstandene neurotoxisch wirkende Stoffe ist.

Das Krankheitsbild der toxischen Enzephalopathie unterscheidet sich bezüglich der wesentlichen Symptome nicht von anderen Enzephalopathieformen. Kernsymptome sind: Verminderte Konzentrationsfähigkeit, Merkschwäche, Schwierigkeiten beim Erfassen und Behalten von Informationen, Antriebs- und Affektstörungen mit Nachlassen von Initiativen, mit erhöhter Reizbarkeit, Verstimmungszuständen und Veränderungen der Primärpersönlichkeit sowie eine außergewöhnliche Ermüdbarkeit oder rasche Erschöpfbarkeit.

1.2.2 Synonyme und Abgrenzung zu anderen Krankheiten

Begriffe wie „pseudoneurasthenisches Syndrom, organisches Psychosyndrom, organische Hirnleistungsschwäche, Hirnfunktionsstörung, organische Wesensänderung, Demenz“ werden als Synonyma verwendet. Die unterschiedliche Krankheitsbezeichnung verdeutlicht zum Teil die Schwierigkeiten der Krankheitsnomenklatur. Zudem können in die diagnostische Zuordnung unterschiedliche neuropsychiatrische, psychopathologische und prognostische Aspekte einfließen.

Wegen der unspezifischen Symptomatik ist insbesondere im Anfangsstadium eine frühzeitige und zuverlässige Diagnosestellung nicht einfach. Zudem sind die gesundheitlichen Beschwerden zu Beginn der Erkrankung nur leicht ausgeprägt und werden nicht selten unterschiedlich vom Patienten wahrgenommen. Die leichten Stadien der Erkrankung können deshalb in der Regel erst durch eine längerfristige Verlaufsbeobachtung hinreichend sicher diagnostiziert werden.

1.2.3 Hinweise zur Ätiologie und Differentialdiagnose

Da psychische Erkrankungen in der Allgemeinbevölkerung häufig vorkommen und organische Störungen in der Regel eine multifaktorielle Ätiologie aufweisen, ist eine adäquate Differentialdiagnose von besonderer Bedeutung. Hierbei ist eine Abgrenzung zu anderen Erkrankungen vor allem auf internistischem und neuropsychiatrischem Fachgebiet erforderlich. In diesem Zusammenhang sind anzuführen:

- Primär degenerative Demenz sowie präsenile Demenz
- Multiinfarktdemenz und andere zerebrovaskuläre Erkrankungen
- Alkoholtoxische Enzephalopathie
- Morbus Parkinson und Parkinson-Syndrome

- Organische Psychosynndrome anderer Ursache, z.B.
 - o Frühkindliche Hirnschädigung
 - o Posttraumatische Wesensveränderung
 - o Hydrozephalus
 - o Raumfordernde Prozesse
 - o Folgezustände nach Meningoenzephalitiden und anderen Enzephalitiden (AIDS)
 - o Neurosyphilis
 - o Drogenabhängigkeit
 - o Folgezustände endokrinologischer, hepatischer und renaler Erkrankungen
- Endogene Depressionen
- Psychisch bedingte Störungen einschließlich neurotischer Reaktionen und Anpassungsstörungen
- Psychosomatische Erkrankungen

Im Hinblick auf die Zuordnung als Berufskrankheit Nr. 1317 müssen darüber hinaus Enzephalopathie-Erkrankungen, verursacht durch andere potentiell neurotoxisch wirkende Listenstoffe, berücksichtigt werden. Nach der aktuellen Berufskrankheiten-Liste trifft dies für folgende Listenstoffe zu:

- Blei und seine Verbindungen, insbesondere organische Bleiverbindungen (BK 1101)
- Quecksilber und seine Verbindungen (BK 1102)
- Mangan und seine Verbindungen (BK 1105)
- Kohlenmonoxid (BK 1201)

- Schwefelkohlenstoff (BK 1305)
- Organische Phosphorverbindungen (Phosphorsäureester) (BK 1307)

Enzephalopathien durch Benzol und seine Homologe und Styrol oder durch Methanol fallen unter die BK 1317 (nicht mehr BK 1303 bzw. 1306).

1.2.4 Schweregrade der toxischen Enzephalopathie und Prognose

Es hat sich als zweckmäßig erwiesen, das Krankheitsbild der toxischen Enzephalopathie in drei Schweregrade einzuteilen. Die nachstehende Einteilung stellt eine Synopsis der wissenschaftlichen Literatur, der Empfehlungen internationaler Arbeitsgruppen und der langjährigen arbeitsmedizinisch-neurotoxiologischen Erfahrungen dar (Übersichten s. Cranmer und Goldberg 1986, WHO 1985, Triebig und Grobe 1987).

Schweregrad I (leichte Form)

Es werden unspezifische Befindlichkeitsstörungen wie verstärkte Müdigkeit, Nachlassen von Erinnerung und Initiative, Konzentrationsschwierigkeiten, erhöhte Reizbarkeit angegeben. Diese gesundheitlichen Beschwerden bilden sich nach Expositionsende vollständig zurück, wenn die Ursache in der beruflichen Lösungsmittelexposition

gelegen hat. Eine Persistenz des Beschwerdebildes nach Expositionsende von mehr als zwei Jahren spricht gegen einen Ursachenzusammenhang.

Objektive Zeichen von neuropsychiatrischen Dysfunktionen sind bei der leichten Form der toxischen Enzephalopathie nicht nachweisbar.

Schweregrad II (Typ A und B)

Beim Schweregrad II (Typ A) ist die Symptomatik stärker ausgeprägt. Im Vordergrund stehen Müdigkeit, Konzentrations- und Merkfähigkeitsstörungen (Kurzzeitgedächtnis), emotionale Labilität, Antriebsstörungen und Veränderungen von Stimmung und Motivation im Sinne einer andauernden Beeinträchtigung der Persönlichkeit. Mittels geeigneter psychiatrischer und neuropsychologischer Erhebungsinstrumente können leichte kognitive Leistungsstörungen objektiv nachgewiesen werden. Insbesondere sind folgende Funktionen beeinträchtigt: Kurzzeitgedächtnis, Aufmerksamkeit und psychomotorische Geschwindigkeit.

Bei der mittelschweren Form (Typ B) sind neben den vorstehend genannten Symptomen in der Regel auch leichte neurologische Befunde gestörter ZNS-Funktionen, insbesondere Koordinationsstörungen wie

Ataxie, Tremor oder Dysdiadochokinese, nachweisbar. Auch Zeichen einer Polyneuropathie sind möglich, jedoch nicht obligat.

Erkrankungen des Schweregrades II haben eine unterschiedliche Prognose. Nach Beendigung der ursächlichen Exposition sind einerseits deutliche Besserungen der gesundheitlichen Beschwerden sowie eine fast vollständige Rückbildung der Funktionsstörungen beschrieben worden. Andererseits wurde auch über bleibende Gesundheitsstörungen berichtet.

Für die Differentialdiagnose ist von Bedeutung, dass eine Progredienz der Erkrankung nach Expositions-karenz gegen die Annahme eines Ursachenzusammenhangs spricht.

Diese Feststellung stützt sich auf mehrere wissenschaftliche Fakten.

Erstens haben Längsschnittuntersuchungen bei beruflich bedingten Erkrankungsfällen, die unter methodischen Gesichtspunkten als akzeptabel zu bezeichnen sind, keine Progredienz nach Beendigung der Expositionszeit gezeigt (Edling et al. 1990, Orbaek und Lindgren 1988).

Zweitens sind die Resultate prospektiver Untersuchungen bei lösungsmittel-exponierten Beschäftigten anzuführen, in denen nach einem Zeitraum von mehreren Jahren

eine Zunahme der neuropsychologischen Veränderungen nicht festzustellen war (Bolle et al. 1996, Dietz et al. 1997, White et al. 1995, Williamson und Wynder 1993).

Schließlich sind drittens die neuroradiologischen Befunde und das Resultat einer Autopsie-Studie dahingehend konsistent, dass nach beruflicher Lösungsmittel-Exposition keine vermehrte Hirnatrophie als Zeichen einer irreversiblen ZNS-Schädigung nachzuweisen war (Land 1998, Triebig (Ed.) 1986, Klinken und Arlien-Søborg 1993).

Grundsätzlich gilt es, bei der Beurteilung des Krankheitsverlaufes Einflüsse des Alters, der Umwelt und der sozialen Umgebung zu berücksichtigen. Diese sind in ihrer Fülle kaum kontrollierbar. Auch ist es schwierig, anhand von Teilaspekten wie Symptome, klinischer Befund, Psychometrie, Neurophysiologie, bildgebende Verfahren auf die Gesamtprognose zu schließen.

Im Rahmen der Verlaufsbeurteilung einer toxischen Enzephalopathie ist nach Möglichkeit zwischen den organisch bedingten psychischen Störungen und nichtorganischen Symptomen bzw. Syndromen zu differenzieren. Es ist darauf hinzuweisen, dass die Befindlichkeitsstörungen mit zunehmender zerebraler Leistungsminderung geringer ausgeprägt sein können und somit

zu Fehleinschätzungen des tatsächlichen Schweregrades führen können.

Der Nachweis einer diffusen oder umschriebenen Hirnatrophie spricht weder für noch gegen die Annahme einer mittelschweren toxischen Enzephalopathie. Nach den bislang hierzu vorliegenden wissenschaftlichen Erkenntnissen ist ein Ursachenzusammenhang zwischen einer chronischen Lösungsmittel-exposition am Arbeitsplatz und einer diffusen und über das Altersmaß hinausgehenden Hirnatrophie nicht eindeutig nachgewiesen worden.

Der Nachweis von zerebrovaskulären Störungen, z.B. mittels SPECT, entspricht nicht dem typischen Krankheitsbild einer toxischen Enzephalopathie. Ein derartiger Befund muss vielmehr in die Differentialdiagnose einbezogen werden. Ein unauffälliger SPECT-Befund spricht nicht gegen die Annahme einer toxischen Enzephalopathie.

Schweregrad III

Der Schweregrad III entspricht dem Krankheitsbild der schweren Demenz mit ausgeprägten globalen Einschränkungen der intellektuellen Leistungen und des Gedächtnisses. Bei der schweren Form der toxischen Enzephalopathie kann eine diffuse innere und äußere Hirnatrophie vorliegen. Das Ausmaß der hirnatrophischen Verände-

rungen korreliert nicht notwendigerweise mit dem klinischen Krankheitsbild bzw. den neuropsychologischen Defiziten. Nach Ausschluss der Noxe ist eine Progredienz nicht zu erwarten. Eine Besserung bzw. Rückbildung ist zwar möglich, mit Defektheilungen muss aber gerechnet werden. Eine schwere toxische Enzephalopathie ist bislang nur bei Lösungsmittel-Schnüfflern mit mehrjährigem Missbrauch beobachtet worden. Eine berufliche Verursachung ist nach den bisherigen Erfahrungen praktisch auszuschließen. Der Vollständigkeit halber ist darauf hinzuweisen, dass bislang keine spezifischen Biomarker einer lösungsmittel-verursachten Enzephalopathie bekannt sind.

1.2.5 Diagnosekriterien der Enzephalopathie

Eine pathologisch-anatomische Sicherung der Diagnose ist aus naheliegenden Gründen nicht möglich.

Folgende objektive Symptome und Befunde sind relevant:

- Nachweis typischer Kernsymptome (siehe III.1.2.1), die nicht auf andere Ursachen zurückgeführt werden können
- typische kognitive Leistungsdefizite
- typische Zeichen der organischen Wesensänderung

- Nachweis von Tremor, Ataxie und Koordinationsstörungen
- Symptome einer Neuropathie (typische Sensibilitätsstörungen, Reflexausfälle, auffällige neurophysiologische Befunde) ohne Hinweis auf anderweitige Ursachen
- eine Rückbildung der Symptome bzw. das Fehlen einer Progredienz nach Beendigung der Lösungsmittelexposition

Wie bereits ausgeführt, ist die Diagnosefindung der leichten Form der toxischen Enzephalopathie (Typ I) wegen des Fehlens objektiver klinischer, neuropsychologischer und neurophysiologischer Befunde schwierig und erfordert demzufolge besondere arbeitsmedizinische und neuropsychiatrische Erfahrungen.

1.2.6 Einordnung von Befindlichkeitsstörungen

Bei der Einschätzung von Befindlichkeitsstörungen und deren Bedeutung sind allgemeine und individuelle Aspekte zu berücksichtigen. Allgemeine Aspekte sind die Erfahrungen zur Reversibilität sowie die Möglichkeiten und Aussichten einer adä-

quaten Therapie. Für die sachgerechte Beurteilung des Einzelfalles müssen die aus der Krankheit resultierenden Einschränkungen der allgemeinen Lebensbewältigung berücksichtigt werden. Wichtig sind dabei die funktionellen Einschränkungen bzw. Störungen von Aktivitäten, die der Patient nicht so ausführen kann, wie dies in seiner sozialen Umwelt als „normal“ erachtet wird. In diesem Zusammenhang ist auch darauf hinzuweisen, dass die Bewertung von „Normalität“ von Vorstellungen geprägt ist, die einem ständigen Wandel in der Gesellschaft unterliegen.

Eine „Befindlichkeitsstörung“ im Sinne der toxischen Enzephalopathie ist dann festzustellen, wenn ein konsistentes Bild von Beschwerden und Persönlichkeitsveränderungen nachweisbar ist, das zeitlich und toxisch-kausal mit dem erhöhten Erkrankungsrisiko infolge des Lösungsmittelumganges zu begründen ist. Mögliche anderwertige Einflüsse der Befindensänderung (Arbeitsbelastungen, Konflikte, Altersveränderungen, erhöhte Ängstlichkeit, erhöhte Empfindlichkeit gegen Umweltreize, reaktive oder endogene Depressivität, organische Erkrankungen) sind zu berücksichtigen.

2.1 Vorbemerkung

Zur Diagnosefindung einer lösungsmittelverursachten Enzephalopathie ist ein interdisziplinäres Vorgehen erforderlich. Neben dem Arbeitsmediziner, der für die Kausalbeurteilung federführend ist, sind vor allem folgende Fachgebiete wichtig:

- Neurologie
- Psychiatrie
- Neuropsychologie
- Neuroradiologie

2.2 Anamnese

Bei der allgemeinen Krankheitsvorgeschichte ist insbesondere auf familiäre Belastungen mit neuropsychiatrischen Erkrankungen, Schädel-Hirn-Verletzungen, Medikamenteneinnahme, Genussmittelkonsum (Alkohol, Rauchgewohnheiten), Drogenkonsum zu achten.

Bei der detaillierten arbeitsmedizinischen Anamnese ist vor allem auf die Art der Exposition (inhalativ, dermal), den zeitlichen Umfang und die Höhe der Lösungsmittelkonzentrationen in der Luft am Arbeitsplatz zu achten. Bei fehlenden Messergebnissen können Abschätzungen aufgrund korrekter einzelfallbezogener Anhaltspunkte und entsprechender arbeitstechnischer und arbeits-

medizinischer Erfahrungen vorgenommen werden. Ferner ist auf typische präanarkotische Symptome zu achten, die in einem engen zeitlichen Zusammenhang mit der Lösungsmittelexposition stehen. Irritationen von Haut und Schleimhäuten können ebenfalls als Indikator für die Exposition herangezogen werden.

2.3 Allgemeine Untersuchung

Die allgemeine körperliche Untersuchung wird ergänzt durch ein Elektrokardiogramm in Ruhe und unter Belastung.

2.4 Klinisch-chemische und arbeitsmedizinisch-toxikologische Untersuchung

Insbesondere ist zu achten auf:

- Blutbild und Differentialblutbild
- Basisparameter für Leber und Nierenfunktion
- Schilddrüsenhormone (nach Indikation)
- Vitamin-B-12-Serumspiegel, Folsäure im Serum
- Biomonitoring auf organische Lösungsmittel sowie auf weitere neurotoxische Arbeitsstoffe (z.B. Blei, Quecksilber, Mangan, vgl. unter 1.2.3)

Bei der Indikation zum Biomonitoring ist auf die kurzen biologischen Halbwertszeiten organischer Lösungsmittel, die im Bereich von Minuten und Stunden, maximal von einigen Tagen liegen, zu achten.

2.5 Neurologische Untersuchung

- Vollständiger neurologischer Untersuchungsstatus einschließlich Hirnnervensstatus, Untersuchung der Motorik, Kraftprüfung, Reflexstatus, Untersuchung sämtlicher sensibler Qualitäten
- Elektroneurographie (motorische und sensible Nervenleitgeschwindigkeiten und distale Latenzzeiten) und Elektromyographie nach den Standards der Deutschen Gesellschaft für klinische Neurophysiologie

Untersuchungen des autonomen Nervensystems sind in der Regel nicht erforderlich; sie bleiben in Ausnahmefällen spezialisierten Einrichtungen mit gesicherten Verfahren vorbehalten.

- Elektrophysiologie
- Enzephalographie
Nicht erforderlich für den Nachweis einer BK 1317 sind z.B.:
 - o Brain-Mapping (spektrales EEG)
 - o Evozierte Potentiale (VEP, AEP und SEP)

- o Elektronystagmographie
- o Vestibularisfunktionsprüfungen (z.B. Posturographie)

- Bildgebende Verfahren:

- o Kriale Computertomographie (CCT) bzw. nach Indikation kriale Magnetresonanztomographie (MRT)

Nicht erforderlich sind:

- o Single-Photon-Emissions-Computertomographie (SPECT)
- o Positronen-Emissions-Tomographie (PET)

- Für differentialdiagnostische Zwecke: Gegebenenfalls differentialdiagnostische Abklärung von Bandscheibenschäden, lumbalen und zervikalen Wurzelirritationen (Röntgendiagnostik der Wirbelsäule) und arteriellen Durchblutungsstörungen (Sonographie)

2.6 Psychiatrische Untersuchung

Die psychiatrische Untersuchung sollte auch eine Fremdanamnese beinhalten.

Zu achten ist auf Bewusstsein, Orientierung, Aufmerksamkeit, Konzentration, Auffassung, Umstellungsfähigkeit, Merkfähigkeit und Gedächtnis, Intelligenzstruktur, Gedankengang und -inhalt, Wahrnehmung, Stimmungslage und Affektivität, Antrieb, Psycho-

motorik, Verhalten, Kritikfähigkeit, Interessen, Mitarbeit, Suchtverhalten.

2.7 Psychologische Untersuchung

Die psychologische Untersuchung soll nicht nur das vorgefundene Bild der Persönlichkeit erfassen, sondern auch die frühere, nicht exponierte Persönlichkeit erkennbar machen. Deren expositionsbezogene Veränderungen sind zum Ausdruck zu bringen. Nicht die allgemeine Belastung infolge der Berufstätigkeit ist in ihrem Einfluss auf die Persönlichkeitsentwicklung zu sehen, sondern die potentiell neurotoxische Seite des Arbeitsstoffumganges ist zu würdigen. Die psychologische Untersuchung soll folgende Bereiche umfassen:

Anamnese

Akute Beschwerden in Verbindung mit der Arbeit werden erhoben wie auch deren Veränderungen in Phasen der Restitution (nach der Schicht, Wochenende, Urlaub). Dabei sind allgemeine Erschöpfungszeichen (meist) körperlicher Arbeit zu trennen von speziellen arbeitsstoffbezogenen Wirkungen (Rauschsymptome, Geruchswirkungen, akute Schlafwirkungen, Veränderungen der Aktivitäten nach der Schicht).

Prä-morbide Intelligenz

Bei einer merklichen Unterschreitung der Testleistungen der Handlungsintelligenz gegenüber jenen der prä-morbiden Intelligenz kann eine neurotoxische Schädigung der psychischen Leistungen diskutiert werden. Für die Bewertung der prä-morbiden Intelligenz sind Tests einfacher verbaler Leistungen, insbesondere Wortschatztests, zu empfehlen. Tests der Worterkennung sind Tests zur Wortklärung vorzuziehen. Sofern Daten verfügbar sind, können auch andere Wege zur Schätzung der prä-morbiden Intelligenz eingesetzt werden. Daneben sind Indices zu nutzen, die das Verhältnis der änderungsempfindlichen gegenüber zeitstabilen Intelligenzanteilen zum Ausdruck bringen.

Screening-Verfahren für organisch bedingte psychische Funktionsstörungen

Zur groben Orientierung über mögliche Funktionsminderungen können Verfahren genutzt werden, die als neuropsychologisches Screening gelten. Diese Verfahren basieren zumeist auf Untersuchungen des Arbeitsgedächtnisses für bildhaftes und figurales Material sowie auf Tests einfachster Erkennungs- und Zuordnungsoperationen (z.B. Diagnosticum Cerebraler Schädigung, Benton-Test, Syndrom-Kurztest).

Kognitive Leistungen der einfachen Informationsverarbeitung

Die psychologische Untersuchung soll die Geschwindigkeit und Genauigkeit einfacher Such-, Erkennungs- und Zuordnungsleistungen erfassen. Charakteristische Auffälligkeiten in der Verlangsamung der Handlungsabläufe sowie in deren Störanfälligkeit sind darzustellen: Die Objektivierung erfolgt in Tests, die Aufmerksamkeit und konzentrierte Zuwendung zu (meist) visuell vorgegebenen Zeichen oder Symbolen verlangen (z.B. Zahlen-Symbol-Test, Zahlen-Verbindungs-Test, Aufmerksamkeits-Belastungs-Test, Subtests aus PC-gestützten Testbatterien).

Gedächtnisleistungen

Die Vielfalt von neuropsychologischen Lern- und Gedächtnistests gestattet eine erhebliche Breite des Nachweises von Gedächtnisstörungen. Eine Funktionsminderung wird aber in diesem Bereich oftmals weniger deutlich darstellbar als subjektiv erlebt. Tests zur Gedächtnisspanne für unterschiedliches Material, Wiedererkennungstests sowie Tests mit verzögerten Wiedererkennungen oder Reproduktionen sind nutzbar (z.B. Wechsler-Gedächtnistest), Zahlen-Nachsprechen, PC-gestützte adaptive Tests der Gedächtnisspanne, Lern- und Wiedererkennungstests für Wortreihen und Figuren).

Psychomotorische Geschwindigkeit und Genauigkeit

Die Objektivierung der verzögerten Aufnahme und Verarbeitung von Reizen in (meist) optischen Reiz-Reaktions-Tests ist wesentlich zur Charakterisierung von Leistungsminderungen der toxischen Enzephalopathie. Für diese Untersuchung sind Tests zu bevorzugen, die eine schnelle Reizfolge ermöglichen und eine Differenzierung der Antwortzeit in einen Entscheidungs- und einen Bewegungsanteil gestatten. Verlängerungen sind bei den Entscheidungszeiten eher als bei den Bewegungszeiten zu erwarten. Verlängerungen der Reaktionszeiten stehen in Beziehung zu einem erhöhten Niveau von körperlichen und psychischen Beschwerden und zu Minderungen in den einfachen kognitiven Informationsverarbeitungsleistungen. Neben diesen Untersuchungen sind Prüfungen der motorischen Koordination und feinmotorischer Leistungen als Ergänzung empfehlenswert (z.B. Finger-Tapping, Purdue-Steckbrett-Test).

Typische chronische Beschwerden

Die neuropsychologische Untersuchung zur toxischen Enzephalopathie kann sich nicht allein auf die Erfassung von psychischen Leistungsminderungen oder auf deren Ausschluss beziehen. Die Schweregrade I

und IIa werden charakterisiert über Beschwerdenangaben. Da diese als leichte Ermüdbarkeit, Erschöpfbarkeit, Aufmerksamkeits- und Antriebsmängel vielfältige Ursachen haben können, wird die Wahl spezifischer Verfahren empfohlen, deren Validität für die neurotoxische Fragestellung ausgewiesen ist (Psychologisch-Neurologischer Fragebogen, Q 16). Von besonderem Wert sind Profilbetrachtungen der Beschwerden.

Persönlichkeitsmerkmale

Die standardisierte Messung von Persönlichkeitsmerkmalen wird empfohlen, um neurotische Entwicklungen als Hintergrund der Beschwerden erkennbar zu machen und um mögliche psychosomatische Tendenzen der Verarbeitung von Beschwerden zu verdeutlichen. Tendenzen der häufig beobachteten emotionalen Labilisierung sollten aufgezeigt werden (z.B. FPI, Kurzform MMPI). Empfehlenswert ist auch die Messung von Persönlichkeitsmerkmalen, die eine Moderierung des Beschwerdeerlebens hervorrufen (z.B. Trait-Ängstlichkeit).

Hinweise zur Bewertung

- Psychische Leistungen:
Die Menge „auffälliger“ Befunde in den Testvariablen ist zu bewerten. Das

Niveau von geminderten Leistungen ist gegenüber den Erwartungswerten gemäß der prämorbidem Intelligenz zu diskutieren. Eine organisch bedingte Veränderungstendenz wäre zu begründen.

- Beschwerden:
Chronische Beschwerden über Erschöpfungszustände, über Gedächtnisdefizite, Konzentrations- und Aufmerksamkeitsstörungen sowie Schwierigkeiten der Lebensbewältigung können als Ausdruck affektiver Störungen angesehen werden. Das Beschwerdeniveau und -profil, z.B. gemessen mit dem PNF, kann als Information genutzt werden, die neurotoxische Spezifität der Beschwerden zu bewerten.
- Kovariation von Exposition und psychologisch erfasster Veränderung:
Für die Diagnose einer toxischen Enzephalopathie sollte ein konsistentes Bild der Persönlichkeit erkennbar sein, das in seiner Veränderung expositionsbezogen und zeitlich nachvollziehbar ist.
- Lebensbewältigung:
Das Verhältnis zwischen Beschwerdenangaben und der Bewältigung sozialer und beruflicher Anforderungen ist zu diskutieren. Soziale Rückzugsphänomene gehören in der Regel zum Krankheitsbild. Eine toxische Enzephalopathie kann mit

Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden, wenn die alltägliche Lebensbewältigung problemlos gelingt. Erschöpfungs-

zeichen und Antriebsminderungen allein reichen nicht aus, um die Kriterien einer toxischen Enzephalopathie zu erfüllen.

3.1 Allgemeine rechtliche Hinweise

Die Begutachtung zur Frage des Vorliegens einer Berufskrankheit Nr. 1317 umfasst primär die Prüfung des Zusammenhangs zwischen der Einwirkung von Lösungsmitteln bei versicherter Tätigkeit und dem vorliegenden Krankheitsbild. Wenn dieser Zusammenhang für gegeben erachtet wird, kommt die Funktionsbegutachtung zur Frage einer bestehenden Minderung der Erwerbsfähigkeit (MdE) infolge der Berufskrankheit hinzu. Der im Anhang abgedruckte Gutachtenauftrag berücksichtigt beide Elemente der Begutachtung.

Beweisanforderungen – Gewissheit und Wahrscheinlichkeit

Eine der in der BK Nr. 1317 genannten Krankheiten – Polyneuropathie oder Enzephalopathie – muss zweifelsfrei vorliegen (sog. „Vollbeweis“). Eine Verdachtsdiagnose reicht nicht aus.

Desgleichen muss die Einwirkung von Lösungsmitteln oder deren Gemischen mit Gewissheit feststehen. Das heißt nicht, dass dieser Beweis nur durch eine mit Messergebnissen am konkreten Arbeitsplatz belegte Dokumentation geführt werden kann. Auch Erkenntnisse über vergleichbare Arbeitsplätze und Erfahrungswissen können

zu dem Beweisergebnis führen, dass am Bestehen einer Exposition keine substantiellen Zweifel bestehen, diese mithin gesichert ist.

Es genügt hingegen nicht, wenn der Versicherte „möglicherweise“ exponiert war. Auch die Feststellung, dass eine Exposition „wahrscheinlich“ gegeben war, reicht hier nicht aus, weil die anspruchsbegründenden Tatsachen (versicherte Tätigkeit, Einwirkung, Krankheit) erwiesen sein müssen.

Erst wenn – ausgehend von diesen festgestellten Grundvoraussetzungen – in der weiteren Stufe der Kausalzusammenhang zwischen der Lösungsmittelinwirkung und der Krankheit geprüft wird, ist das Beweismaß der Wahrscheinlichkeit anzuwenden.

Die Kausalität ist dann mit Wahrscheinlichkeit zu bejahen, wenn unter Würdigung aller Umstände im konkreten Fall die für den Zusammenhang sprechenden Gründe überwiegen (mehr als 50 %).

Wesentliche Bedingung

Nicht zu verwechseln mit dem Beweismaß, das wie dargelegt für die einzelnen Entscheidungselemente unterschiedlich definiert ist, ist die Frage, ob eine Ursache wesentliche Bedingung im Sinne der gesetzlichen Unfallversicherung ist.

3 Kriterien für die rechtliche und medizinische Beurteilung der BK 1317

Wenn für eine Krankheit mehrere Ursachen in Betracht kommen, ist zu klären, welche von ihnen wesentlich sind. Eine Berufskrankheit ist anzuerkennen, wenn die in der Berufskrankheiten-Liste genannte Einwirkung mindestens wesentliche Teilursache für den Gesundheitsschaden ist.

Wesentlich ist nicht gleichbedeutend mit überwiegend. Auch eine mathematisch nicht gleichwertige Ursache kann noch wesentlich sein.

Diese allgemeinen Grundsätze haben auch bei der Begutachtung der BK Nr. 1317 Bedeutung. Die dort genannten Krankheitsbilder sind unspezifisch. Um eine Abwägung vornehmen zu können, welche Ursachen wesentlich sind, muss zunächst geprüft werden, welche Ursachen im naturwissenschaftlichen Sinne überhaupt in Betracht kommen. Zum einen ist festzustellen, ob eine berufliche Einwirkung nach obigen Beweisgrundsätzen feststeht, die generell geeignet ist, die Krankheit zu verursachen. Zum anderen ist zu ermitteln, ob konkrete in der Lebensführung oder Anlage des Menschen liegende Faktoren vorliegen, die die Entstehung des Krankheitsbildes ebenfalls erklären können.

Sowohl die berufliche Einwirkung als auch die außerberuflichen Faktoren müssen konkret festgestellt werden, um in die Wertung

der Wesentlichkeit eintreten zu können. Wenn nur der berufliche oder nur ein außerberuflicher Faktor erwiesen ist, kommt es nicht zur Frage, welcher Faktor eine wesentliche Bedeutung hat.

Sind zum Beispiel bei einer Polyneuropathie mehrere Ursachen festgestellt, ist zu bewerten, ob die berufliche Einwirkung zur Entstehung, Verschlimmerung oder Beschleunigung der Krankheit wesentlich beigetragen hat.

Je geringer die berufliche Exposition quantitativ und qualitativ war und je eindrucksvoller sich das außerberufliche Risiko (z.B. Diabetes Mellitus, Alkohol) darstellt, desto eher ist davon auszugehen, dass die betriebsfremde Ursache überragende Bedeutung gewinnt und die berufliche Einwirkung nur noch als Randerscheinung ohne wesentlichen Anteil zu betrachten ist. Umgekehrt gilt dies genauso.

3.2 Arbeitstechnische Voraussetzungen

Es muss einerseits gesichert sein, dass die verwendeten Lösungsmittel neurotoxisch waren, und es muss andererseits gesichert sein, dass sie in ausreichend hoher Konzentration eingewirkt haben.

3.2.1 Neurotoxische Lösungsmittel

Gesicherte neurotoxische Lösungsmittel sind:

- Aliphatische Kohlenwasserstoffe: n-Hexan, n-Heptan
- Ketone: 2-Butanon (= Methyl-Ethyl-Keton), 2-Hexanon (= Methyl-n-Butyl-Keton)
- Alkohole: Methanol, Ethanol, 2-Methoxyethanol (= Methylglykol)
- Aromatische Kohlenwasserstoffe: Benzol, Toluol, Xylol, Styrol
- Chlorierte aliphatische Kohlenwasserstoffe: Dichlormethan, 1,1,1-Trichlorethan, Trichlorethen, Tetrachlorethen

Lösungsmittelgemische kommen grundsätzlich nur in Betracht, wenn sie mindestens ein neurotoxisches Lösungsmittel in ausreichender Quantität enthalten. Für länger zurückliegende Expositionen wird sich die genaue Zusammensetzung in der Regel nicht mehr feststellen lassen. In diesem Fall ist zu berücksichtigen, dass in der Vergangenheit in den Gemischen häufig neurotoxische Lösungsmittel enthalten waren.

3.2.2 Expositionshöhe

Aus den offiziellen Materialien zur BK Nr. 1317 – dies sind die wissenschaftliche Begründung und das vom Bundesarbeitsministerium bekanntgegebene amtliche

Merkblatt des Ärztlichen Sachverständigenbeirats – ist nicht zu ersehen, welche Dosis neurotoxischer Lösungsmittel für die Verursachung einer Polyneuropathie oder Enzephalopathie für erforderlich gehalten wird.

Bei der Bewertung der Exposition für die Frage einer lösungsmittelbedingten Polyneuropathie oder Enzephalopathie können die in den Stoffdossiers (II.4) genannten, für die Prävention maßgeblichen Grenzwerte nicht unbedingt als Vergleichsmaßstab herangezogen werden. Abgesehen von der generell nicht möglichen Übertragbarkeit solcher Grenzwerte auf die Kompensation ist zu berücksichtigen, dass bei der Festlegung von Grenzwerten für die Prävention alle Gesundheitsgefahren einzubeziehen sind und Wirkungen auf das Nervensystem nicht bei allen Lösungsmitteln im Vordergrund stehen (z.B. ist bei Benzol die krebserzeugende Wirkung für die Prävention bestimmend).

Für die Beurteilung einer Berufskrankheit nach Nr. 1317 der BK-Liste ist es wichtig zu wissen, bei welchen Expositionsbedingungen nach bisherigen medizinischen Erkenntnissen (erste) neurotoxische Wirkungen beobachtet wurden.

Im Anhang 6.2 werden für die Luftkonzentration bei einzelnen neurotoxischen Lösungsmitteln sog. „neurotoxische Schwellenwerte“ abgeleitet und die zugrunde

liegenden Literaturstellen angeführt. Diesen Schwellenwerten liegen eine unterschiedlich dichte Studienbasis und Validität zugrunde. Studien mit größeren Fallzahlen und genaueren Messungen der Exposition sind nicht für alle Stoffe vorhanden; zum Teil beruhen die Ableitungen auf Untersuchungen mit kleinen Zahlen und kasuistischen Mitteilungen und sind daher mit Unsicherheiten behaftet.

Der Schwellenwert besagt, dass unterhalb dieser Konzentrationen neurotoxische Wirkungen bisher nicht beobachtet bzw. beschrieben sind. Die Überschreitung der Schwellenkonzentration ist noch keine vorweggenommene Beweiswürdigung für die Kausalitätsprüfung.

Hinsichtlich Kombinationswirkungen ist besonders auf 2-Butanon (Methylethylketon, MEK) zu achten, weil es bei gleichzeitiger Wirkung von n-Hexan oder 2-Hexanon (Methyl-n-Butylketon) zu einer überadditiven Wirkung kommt.

Von dieser Ausnahme abgesehen, wird bei Lösungsmittelgemischen zunächst von einer additiven Wirkung einzelner Komponenten ausgegangen. Die Ableitung von „Schwellenwerten“ für Gemische ist wegen der Heterogenität der Studien problematischer als für die Einzelstoffe. Im Anhang 6.3 werden Daten aus Studien über Langzeit-

expositionen gegenüber organischen Lösungsmittelgemischen referiert und die daraus möglichen Schlussfolgerungen formuliert. Infolge fehlender oder unvollständiger Angaben zur Exposition in den Studien wurde nur der Bewertungsindex nach TRGS 403 berechnet; eine Differenzierung zwischen neurotoxischen und anderen Inhaltsstoffen war nicht möglich. Bei der Begutachtung in konkreten Einzelfällen ist das neurotoxische Potential der eingesetzten Lösungsmittelgemische bei der Interpretation der Expositionsdaten zu berücksichtigen.

Ein wichtiger Hinweis auf Überschreitungen der „Schwellenkonzentration“ ist die Angabe von prä-narkotischen Symptomen, die in einem engen zeitlichen Zusammenhang mit der Exposition auftraten.

Unter üblichen Arbeitsplatzbedingungen steht die inhalative Aufnahme im Vordergrund. Großflächiger und länger dauernder direkter Hautkontakt mit der Flüssigkeit kann jedoch zu einer erhöhten inneren Lösungsmittelbelastung führen. Dies trifft insbesondere auf die in der aktuellen Liste der Grenzwerte als hautresorptiv („H“) gekennzeichneten Stoffe zu. Im Einzelnen sind dies folgende neurotoxische Lösungsmittel: 2-Butanon, 2-Hexanon, Methanol, 2-Methoxyethanol, Benzol, Toluol, Xylol, 1,1,1-Trichlorethan, Tetrachlorethen.

Soweit vorhanden, sind Biomonitoring-Daten in diesen Fällen für die Quantifizierung besonders hilfreich.

3.2.3 Expositionsdauer

Außer der Expositionshöhe ist die Expositionsdauer für die Neurotoxizität von Lösungsmitteln von Bedeutung.

Epidemiologische Untersuchungen belegen, daß sich eine toxische Enzephalopathie meist erst nach einer Expositionsdauer von zehn Jahren und mehr entwickelt. Bei außergewöhnlich hohen Belastungen (Überschreiten des Schwellenwertes um ein Mehrfaches) kann eine toxische Enzephalopathie schon nach kürzeren Expositionszeiten entstehen.

Toxische Polyneuropathien können dagegen häufiger schon nach mehrmonatiger Exposition beobachtet werden. Eine zehnjährige Expositionsdauer ist eher die Ausnahme.

3.2.4 Risikoarbeitsplätze

Für einige Arbeitsplätze sind erhebliche Lösungsmittelleinwirkungen bekannt. Dies betrifft z.B.:

- Monteur-Arbeiten an Reinigungsautomaten
- Lösungsmitteltauchbäder

- Sprayarbeiten in der Möbelindustrie
- Klebstoffarbeitsplätze in der Hausschuhfertigung
- Kartonagenindustrie mit PER
- Optikindustrie mit PER
- Tankreinigung
- Reinigungsarbeiten auf Werften

Eine Einzelfallprüfung der Exposition ist aber stets erforderlich (siehe III.3.2 „Arbeitstechnische Hinweise“).

3.3 Krankheitsbild

Die oben definierten Krankheiten „Toxische Polyneuropathie“ oder „Toxische Enzephalopathie“ müssen gesichert sein. Andere Krankheiten, z.B. Hirnnervenläsionen oder Störungen des autonomen Nervensystems können zusätzlich berücksichtigt werden, wenn eine der beiden oben definierten Diagnosen gesichert ist.

3.4 Krankheitsverlauf

Latenz

Es besteht grundsätzlich ein enger zeitlicher Zusammenhang zwischen der krankmachenden Exposition und dem Krankheitsbeginn, d.h., dass sich die Krankheit noch während oder kurz nach der beruflichen Exposition

3 Kriterien für die rechtliche und medizinische Beurteilung der BK 1317

entwickelt. Ein längeres Intervall zwischen letzter Exposition und Krankheitsbeginn ist wegen der kurzen Halbwertszeiten von organischen Lösungsmitteln toxikologisch nicht plausibel.

Bei der Polyneuropathie können zwischen letzter Exposition und Krankheitsbeginn wenige Tage, gelegentlich einige Wochen, aber nicht mehr als zwei Monate verstreichen.

Frühsymptome einer toxischen Enzephalopathie (z.B. Konzentrations- und Merkschwäche, Müdigkeit) werden von den Patienten häufig nicht bewusst wahrgenommen oder fehlgedeutet. Es ist deshalb durchaus möglich, dass eine leichte Enzephalopathie einige Monate unbemerkt bleibt, so dass zwischen der letzten Exposition und dem nachweislichen Auftreten der ersten Symptome ein Zeitabstand von einigen Monaten bestehen kann.

Prognose

Die Polyneuropathie und die Enzephalopathie haben unterschiedliche Krankheitsverläufe und unterschiedliche Prognosen.

Eine toxische Polyneuropathie bildet sich bei leichten bis mittleren Schweregraden innerhalb von zehn bis zwölf Monaten vollständig wieder zurück. Aber auch schwere

Verlaufsformen heilen praktisch immer nach spätestens drei Jahren vollständig oder weitgehend aus.

Die Prognose der toxischen Enzephalopathie hängt dagegen vom Schweregrad ab. Leichte Enzephalopathien vom Typ I (siehe oben) heilen in der Regel nach spätestens zwei Jahren vollständig aus. Mittelschwere Enzephalopathien vom Typ II (siehe oben) zeigen eine stark verzögerte Heilungstendenz oder bessern sich nur geringfügig, so daß Defekte bleiben können. Ein Fortschreiten der Krankheit ist sowohl bei der Polyneuropathie als auch bei der Enzephalopathie nur in den ersten Wochen nach Beendigung der Lösungsmittelexposition möglich. Eine weitergehende Progredienz spricht gegen die Annahme einer beruflichen Verursachung. Differentialdiagnostisch ist auch zu überlegen, ob die Progredienz durch andere Ursachen (z.B. Alkohol) hervorgerufen wird. Während der Regeneration kann es jedoch vorkommen, dass die subjektiven Beschwerden in den ersten Wochen bis Monaten zunächst deutlicher werden und eine Progredienz vortäuschen.

3.5 Andere Ursachen

Andere berufliche Ursachen spielen im Gegensatz zu früheren Jahrzehnten zuneh-

mend weniger eine Rolle. Zu berücksichtigen sind zur Zeit insbesondere noch Blei- und Quecksilberexpositionen.

Außerberufliche Ursachen sind unter „Differentialdiagnose“ oben abgehandelt.

Für die Abwägung außerberuflicher Mitursachen im BK-Recht gilt grundsätzlich, dass der Versicherte in dem Zustand versichert ist, in dem er sich befindet.

3.6 Synoptische Wertung

Bei der synoptischen Wertung ist der unter 3.1 beschriebene rechtliche Rahmen zu berücksichtigen.

Als Grundvoraussetzung für die Anerkennung einer Berufskrankheit Nr. 1317 muss die medizinische Diagnose Enzephalopathie oder Polyneuropathie gesichert sein. Auch die regelmäßige Einwirkung neurotoxischer Lösungsmittel in ausreichender Zeit und Dosis muss aktenkundig gesichert sein.

Da auf die Qualität der Recherchen des Technischen Aufsichtsdienstes heute das besondere Augenmerk der Berufsgenossenschaften gerichtet ist und der Versicherte berechtigt ist, an Untersuchungen des Arbeitsplatzes teilzunehmen, sollten etwaige Differenzen hinsichtlich der Exposition

bereits im Vorfeld der Begutachtung ausgeräumt sein. Auch wenn die auftraggebende Berufsgenossenschaft für die Feststellung des entscheidungserheblichen Sachverhalts zuständig ist, wird der Gutachter ergänzend im Rahmen seiner besonderen Fachkunde den Versicherten zu den maßgeblichen Expositionsverhältnissen befragen. Weichen seine Angaben allerdings in entscheidungserheblichen Punkten von der berufsgenossenschaftlichen Sachverhaltsermittlung ab, darf der Gutachter diese Angaben nicht ohne weiteres seinem Votum zugrunde legen; er muss dann entweder durch Rückfrage bei der Berufsgenossenschaft auf eine weitere Sachaufklärung hinwirken oder eine Alternativbeurteilung vornehmen (Köhler 1998). Auch die Alternativbeurteilung erfordert i.d.R. weitere Sachaufklärung durch die Berufsgenossenschaft, um Zweifel hinsichtlich der entscheidungserheblichen Tatsachen möglichst umfassend auszuräumen.

Wichtige Hinweise für die Beurteilung des Kausalzusammenhangs bietet der zeitliche Verlauf der Krankheit. Wichtig ist, ob die Symptomatik nachweislich bereits während des Expositionszeitraums oder allenfalls in geringem Abstand nach Ende der Lösungsmittelexposition aufgetreten ist. Eine nach Ende der Exposition eingetretene Rückbildungstendenz kann die Argumentation für einen Kausalzusammenhang stützen.

3 Kriterien für die rechtliche und medizinische Beurteilung der BK 1317

Argumente für eine berufliche Ursache sind:

- typisches Krankheitsbild
- hohe Exposition
- lange Expositionsdauer
- wiederholte akute Effekte (präarktisches Syndrom)
- Ausschluss bekannter Ursachen des Krankheitsbildes
- Besserung des Krankheitsbildes nach Expositionsende
- Nachweis von Brückensymptomen

Argumente gegen eine berufliche Ursache sind:

- untypisches Krankheitsbild
- zu geringe Exposition
- zu kurze Expositionsdauer
- konkurrierende Ursachen
- Fortschreiten des Krankheitsbildes nach Expositionsende

Das Ergebnis der Wertung aller Umstände muss in eine den Beweisanforderungen ent-

sprechende Formulierung gebracht werden. Wenn die Einwirkung von Lösungsmitteln mit Wahrscheinlichkeit Ursache oder wesentliche Mitursache für das Krankheitsbild ist, kann in der Regel keine Trennung zwischen lösungsmittelbedingten und nicht lösungsmittelbedingten Anteilen getroffen werden, es sei denn, durch konkrete Befunde lässt sich eine unabhängige Schädigung abgrenzen.

Eine nach einer Latenz von mehreren Monaten nach Ende der Exposition eintretende Verschlimmerung kann nicht in eine Berufskrankheitenentschädigung einfließen. Wenn nicht in Fällen der Progredienz rückblickend ein Kausalzusammenhang insgesamt abzulehnen ist, kann nur der bei Ende der Exposition bestehende Befund entschädigt werden. Insbesondere bei der Polyneuropathie ist jedoch ein über drei Jahre hinaus gehender Befund nicht mehr anzunehmen, so dass für das Fortbestehen andere Ursachen in den Vordergrund treten.

4 MdE-Bewertung*

Die Minderung der Erwerbsfähigkeit (MdE) ist ein Rechtsbegriff, der in § 56 Absatz 2 SGB VII wie folgt definiert wird: „Die MdE richtet sich nach dem Umfang der sich aus der Beeinträchtigung des körperlichen und geistigen Leistungsvermögens ergebenden verminderten Arbeitsmöglichkeiten auf dem gesamten Gebiet des Erwerbslebens.“ Rentenbegutachtung ist im Kern Funktionsbegutachtung, die unter medizinischen, juristischen, sozialen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten erfolgt. Der maßgebende Grad der MdE hängt von der Schwere des noch vorhandenen Krankheitszustandes und dem Umfang der dem Versicherten dadurch verschlossenen Arbeitsmöglichkeiten ab. Der medizinische Sachverständige stellt zunächst die durch die Berufskrankheit verursachten Funktionsverluste fest, beurteilt den Umfang der durch die Berufskrankheit bedingten Beeinträchtigung des Leistungsvermögens und unterbreitet einen Vorschlag zur MdE-Bewertung. Die Entscheidung über die Höhe der MdE ist vom Versicherungsträger zu treffen.

MdE-Empfehlungen beruhen auf Erfahrungswerten und sollen dazu beitragen, dass bei der Einschätzung und Bewertung der Folgen von regelmäßig vorkommenden Krankheitsbildern mit typischem Verlauf einheitliche Maßstäbe angelegt werden. Wie diese

Maßstäbe für die Bewertung der Folgen von Arbeitsunfällen und Berufskrankheiten zu entwickeln und in ein in sich schlüssiges Gesamtbewertungssystem einzuordnen sind, ob und wie dabei insbesondere die Bedingungen des Arbeitsmarktes zu berücksichtigen sind, wird derzeit zum Teil unterschiedlich beurteilt. Dieser Fragenkomplex soll daher Gegenstand eines wissenschaftlichen Kolloquiums des HVBG sein, an dem Experten aus allen einschlägigen Fachgebieten (insbesondere [Arbeits-] Medizin, Rechtswissenschaft und Rechtsanwendung, Arbeitsmarktforschung) mitwirken sollen.

Die hier abgedruckten MdE-Empfehlungen beruhen auf Angaben aus der Begutachtungsliteratur, geben das derzeit verfügbare Erfahrungswissen wieder und sind unter dem Gesichtspunkt der Gleichbehandlung am System der MdE-Erfahrungswerte vergleichbarer Unfall- und Erkrankungsfolgen orientiert. Sofern die anstehende grundsätzliche Überprüfung der MdE-Problematik zu neuen Erkenntnissen führt, wird eine Anpassung erfolgen.

4.1 Polyneuropathie

Für die MdE-Einschätzung lösungsmittelbedingter Polyneuropathien ist das Ausmaß

* Dem Abschnitt 4 haben die Versichertenvertreter in der Selbstverwaltung des HVBG nicht zugestimmt.

der motorischen und vor allem der sensiblen Störungen wesentlich. Für die Leistungsbeurteilung von untergeordneter Bedeutung sind Reflexbefunde und die Ergebnisse der apparativen Zusatzdiagnostik.

Als Richtlinien können gelten:

- Sehr leichte Polyneuropathie unter 10 %

Klinisch nur gering in Erscheinung tretende Polyneuropathie mit leichten sensiblen Störungen einschließlich Reizerscheinungen.

- Leichte Polyneuropathie 10 %

Sensible Störungen einschließlich Reizerscheinungen sowie ggf. beginnende körperferne motorische Störungen, die insgesamt die Geh- und Stehfähigkeit noch nicht belangvoll beeinträchtigen.

- Leichte bis mittelschwere Polyneuropathie 20 %

Sensible Störungen, einschließlich beeinträchtigender Reizerscheinungen, und/oder leichte motorische Störungen mit leichtgradiger Auswirkung auf die Geh- und Stehfähigkeit.

- Mittelschwere Polyneuropathie 30 %

Ausgeprägte sensible Störungen und/oder sensible Reizerscheinungen und distal betonte motorische Störungen mit deutlicher Auswirkung auf die Geh- und Stehfähigkeit.

Höhergradige MdE-Einschätzungen kommen bei lösungsmittelbedingten Polyneuropathien nur in sehr seltenen Ausnahmefällen in Betracht.

Zu berücksichtigen ist bei der MdE-Einschätzung auch die Rückbildungsfähigkeit lösungsmittelbedingter Polyneuropathien, die eine zeitliche Staffelung der MdE-Einschätzung erwarten läßt.

Im Falle fortbestehender polyneuropathiebedingter Störungen ist die Frage BK-unabhängiger Ursachen zu prüfen, im Sinne rechtlich konkurrierender Ursachen, die möglicherweise mit zunehmendem Zeitabstand zum Expositionsende in den Vordergrund treten.

Die Gesamteinschätzung bei lösungsmittelbedingter Enzephalopathie und Polyneuropathie erfolgt nicht in Addition der aufgeführten MdE-Sätze, sondern als Gesamtbeurteilung der Leistungsfähigkeit unter Berücksichtigung der verschiedenartigen Funktionsstörungen.

4.2 Enzephalopathie

Für die Einschätzung der Minderung der Erwerbsfähigkeit in der gesetzlichen Unfallversicherung gelten als allgemeine Grundsätze, dass Hirnschäden mit einer geringen Leistungsbeeinträchtigung mit einer MdE von 10 bis 20 %, mit einer mittelschweren Leistungsbeeinträchtigung von 30 bis 50 % und mit einer schweren Leistungsbeeinträchtigung von 60 bis 100 % bewertet werden.

Wie bei anderen Störungen hat auch bei der MdE-Einschätzung lösungsmittelbedingter Enzephalopathien eine Gesamtbeurteilung der neurologisch/neuropsychologisch sowie der psychopathologisch einschließlich testpsychologisch erfassbaren Befunde in ihrer Auswirkung auf das Erwerbsleben, bezogen auf den allgemeinen Arbeitsmarkt, zu erfolgen.

Die vielfältige Ausprägung organischer psychischer Störungen, die sich auch in der terminologischen Vielfalt widerspiegelt, läßt differenzierte Vorgaben zur MdE-Einschätzung nicht zu.

In Anlehnung an die Schweregradeinteilung toxisch bedingter Enzephalopathien der WHO sind folgende Bandbreiten zu empfehlen:

- Schweregrad I: 0 bis 10 %

Psychopathologisch unspezifisches Beschwerdebild mit teils vielfältigen Beschwerden, häufig unter der Bezeichnung pseudoneurasthenisches Syndrom.

- Schweregrad II A: 20 bis 30 %

Deutliche Befindlichkeitsstörungen mit leichtgradigen psychopathologisch und neuropsychologisch fassbaren Befunden einer organisch-psychischen Störung, insbesondere leichtgradigen kognitiven Leistungsminderungen und/oder Antriebs- und Affektstörungen (gelegentlich auch als leichte Wesensänderung vom kritik-eingeengteuphorischen Typ in Erscheinung tretend).

- Schweregrad II B: 40 bis 50 %

Deutliche psychopathologische und neuropsychologische organisch-psychische Befunde, insbesondere deutliche kognitive Störungen und Antriebs- und Affektstörungen, begleitet in der Regel von leichten, auf eine Schädigung des zentralen Nervensystems weisenden neurologischen Störungen (z.B. ataktischen Störungen, Tremor).

- Schweregrad III: 60 bis 100 %

Erheblich ausgeprägte psychopathologische Störungen, so des Gedächtnisses,

der Merkfähigkeit, der Aufmerksamkeit und auch einer Wesensänderung, mit zusätzlichen zentralneurologischen Störungen.

Dieser Schweregrad ist bei beruflich bedingten Lösungsmittel-Enzephalopathien in der Regel nicht zu erwarten.

Lösungsmittelbedingte Polyneuropathien lassen nach Expositionsende eine allmähliche spontane Rückbildung der Sensibilitätsstörungen und der motorischen Störungen erwarten, auch lösungsmittelbedingte Enzephalopathien zeigen üblicherweise nach Expositionsende eine langsame Besserung des Störungsbildes.

Die symptomatische und störungsorientierte Behandlung steht im Vordergrund.

Selbstverständlich ist die Exposition mit neurotoxischen Substanzen zu beenden.

Von erheblichem Gewicht ist die Vermeidung ungünstiger Genussmittelbelastungen, insbesondere Alkohol, auch die optimale Behandlung von Begleiterkrankungen, insbesondere von Stoffwechselstörungen wie Diabetes mellitus, Lebererkrankungen, Hyperurikämie usw.

Bei der Behandlung der Polyneuropathie kann die Physiotherapie hilfreich sein. Ungesichert ist die Wirkung neurotroper Vitamine (Vitamin-B-Komplex) und auch von Alpha-Lipon-Säuren bei lösungsmittelbedingten Polyneuropathien. Bei beeinträchtigenden sensiblen Reizerscheinungen kann ein Versuch mit Carbamazepin aus grundsätzlichen Erwägungen angezeigt sein.

Auch die Behandlung lösungsmittelbedingter Enzephalopathien wird symptomorientiert

durchgeführt, abhängig vom Störungsbild. So kommen insbesondere neuropsychologische oder verhaltensneurologische Trainingsmaßnahmen in Betracht, auch stützende psychotherapeutische Maßnahmen zur Krankheitsbewältigung, teils auch begleitende psychopharmakologische Behandlungen, z.B. mit Thymoleptika bei depressiven Störungen, dabei der organischen Ursache mit niedriger Dosierung Rechnung tragend. Bei begleitenden Kopfschmerzen können Behandlungsversuche in Anlehnung an die Richtlinien der Migräne-Behandlung angezeigt sein. Eine sekundäre Kopfschmerzchronifizierung durch regelmäßige Schmerzmitteleinnahme ist dringlich zu vermeiden.

In der Regel ist eine ambulante neurologisch-psychiatrische Behandlung, unterstützt durch neuropsychologische und psychotherapeutische Maßnahmen, durchzuführen. Nur in schwereren Fällen werden stationäre Heilbehandlungsmaßnahmen (neuropsychologisch, verhaltensmedizinisch, stützend psychotherapeutisch, mitunter aber auch distanzierend-robrierend) in Betracht zu ziehen sein.

Eine überlegene Wirksamkeit stationärer medizinischer Rehabilitationsmaßnahmen gegenüber ambulanten Behandlungsmöglichkeiten ist für leichte Enzephalopathien nicht belegt, für Polyneuropathien nicht zu erwarten.

Grundsätzlich sind therapeutische Maßnahmen am Einzelfall zu orientieren, möglichst vom niedergelassenen Nervenarzt oder Neurologen begleitet und koordiniert, da sich die optimale Behandlung nicht nur an den jeweiligen Gesundheitsstörungen des Erkrankten, sondern auch an den regionalen Gegebenheiten zu orientieren hat. Im Wesentlichen können die Grundregeln der

neurotraumatologischen Rehabilitation Schädel-Hirn-Verletzter angewandt werden.

Die Rehabilitation erfolgt mit allen geeigneten Mitteln, jedoch unter Berücksichtigung von Zweckmäßigkeit und Wirtschaftlichkeit; dies ist besonders bei sehr aufwendigen, in ihrer Effizienz nicht hinreichend gesicherten Behandlungskonzepten zu beachten.

6.1 Muster eines Gutachtauftrags für die BK 1317

Sehr geehrte(r) Frau/Herr Dr. ...,

bei Herrn/Frau X ist zu klären, ob eine Berufskrankheit durch Einwirkung von Lösungsmitteln bzw. deren Gemischen vorliegt.

Wir bitten um Erstattung eines Gutachtens aufgrund persönlicher Untersuchung. Die Einholung eines neurologischen bzw. psychiatrischen sowie neuropsychologischen Zusatzgutachtens bei Herrn/Frau Dr. Y, soweit Sie dies für erforderlich halten, wird genehmigt. Im Zusatzgutachten soll zu den Fragen 1 bis 4 eine Bewertung aus der Sicht des jeweiligen Fachgebiets erfolgen. Die Fragen zur Kausalität und MdE sind ärztlich zu beurteilen, unter Federführung des Hauptgutachters.

Wir bitten, zu folgenden Fragen Stellung zu nehmen:

1. Welche Beschwerden werden vorgetragen?
2. Welche Befunde ergibt die ärztliche Untersuchung?
3. Sprechen die Ergebnisse der neurologischen bzw. psychiatrischen Zusatzbegutachtung für eine Polyneuropathie bzw. eine toxische Enzephalopathie?
4. Welche Hinweise ergibt die psychologische Untersuchung im Hinblick auf Defizite und mögliche Ursachen?
5. Welche Diagnose ergibt sich aus der Gesamtbewertung?
6. Handelt es sich um eine Berufskrankheit nach Nr. 1317 der Berufskrankheiten-Liste (Polyneuropathie oder Enzephalopathie durch organische Lösungsmittel oder deren Gemische), gegebenenfalls welche Stoffe oder Gemische haben die Berufskrankheit verursacht?
7. Liegt im Zusammenhang mit den festgestellten Einwirkungen eine andere Berufskrankheit vor (z.B. Berufskrankheit Nr. 1302, 1303)?
8. Auf welches Datum ist der Beginn der Berufskrankheit festzulegen (erste Behandlung bzw. Arbeitsunfähigkeit wegen der Berufskrankheit)?
9. Seit wann und in welcher Höhe bestand bzw. besteht wegen der Folgen der Berufskrankheit eine Minderung der Erwerbsfähigkeit in messbarem Grade (mindestens 10 v. H.)? Wie ist diese rückwirkend nach dem Krankheitsverlauf zeitlich zu staffeln?
10. Ist in Zukunft mit Änderungen in den Folgen der Berufskrankheit zu rechnen, ggf. wann ist eine Überprüfung vorzusehen?
11. Sind Präventions- oder Rehabilitationsmaßnahmen erforderlich, ggf. welche Maßnahmen schlagen Sie vor?

Bei der Erstattung des Gutachtens bitten wir die im Report zur BK 1317 in der Schriftenreihe des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften veröffentlichten Empfehlungen zur Begutachtung der Berufskrankheiten durch Lösungsmittel zu beachten bzw. eventuelle Abweichungen eingehend zu begründen.

Mit freundlichen Grüßen

6.2 Abschätzung von neurotoxischen Schwellenwerten für Lösungsmittel

Grundsätzliche Erläuterungen zur Abschätzung von neurotoxischen Schwellenwerten sind in Teil III.3.2.2 (Expositionshöhe) enthalten. Dort und in den Stoffdossiers (Teil II.4) finden sich auch Hinweise zur Bedeutung einer zusätzlichen Aufnahme von Lösungsmitteln durch intensiven Hautkontakt.

n-Hexan

Manifeste *Polyneuropathien* traten bei Expositionshöhen von 190 ml/m^3 (684 mg/m^3) auf, wobei die Expositionsdauer zwischen 2 Monaten und 25 Jahren (Mittel 5,8 Jahre) lag (Wang et al. 1986). Wurde bei festgestellter *Polyneuropathie* die Expositionshöhe unter 100 ml/m^3 (360 mg/m^3) abgesenkt, besserten sich die *Polyneuropathie*-Symptome eindeutig; aber selbst bei Absenkungen unter 50 ml/m^3 ließen sich bei der Hälfte der Erkrankten 30 Jahre später noch leichte neurophysiologische Zeichen ohne klinische Symptomatik nachweisen (Iida 1982).

Bei höheren Konzentrationen von im Mittel 650 ml/m^3 ($2\,340 \text{ mg/m}^3$) mit Spitzenwerten bis $1\,300 \text{ ml/m}^3$ ($4\,680 \text{ mg/m}^3$) wurden bereits nach 2 Monaten manifeste *Polyneuropathien* beobachtet, die sich nach

Expositionsbeendigung prompt besserten (Herskowitz et al. 1971).

Neurophysiologische Befunde ohne klinische Symptomatik (verminderte Vibrations-sensibilität, verminderte motorische Nervenleitgeschwindigkeiten) konnten bereits bei mittleren Konzentrationen von 60 ml/m^3 (216 mg/m^3) und einer Expositionsdauer zwischen 2 bis 12 Jahren (im Mittel 6,2 Jahre) festgestellt werden (Sanagi et al. 1980). Die Relevanz dieser Untersuchungsbefunde ist jedoch schwer einzuschätzen, da bei einer primär axonalen *Polyneuropathie* – wie durch n-Hexan zu fordern – die klinische Symptomatik vor einer verminderten motorischen Nervenleitgeschwindigkeit auftritt.

Zu möglichen *zentralnervösen Schäden* liegen keine Expositionsmessungen vor. Hinweise gibt lediglich eine Untersuchung, die Symptome einer zerebralen Dysfunktion bei Konzentrationen von 500 ml/m^3 ($1\,800 \text{ mg/m}^3$) [vereinzelt von 10 bis 50 ml/m^3 (36 bis 180 mg/m^3) mit gelegentlichen Spitzenwerten bis $3\,000 \text{ ml/m}^3$ ($10\,800 \text{ mg/m}^3$)] und einer Expositionsdauer von 5 bis 21 (Mittel 12) Jahren fand (Seppäläinen et al. 1978).

Die Wirkung von n-Hexan wird durch 2-Butanon überadditiv verstärkt (Altenkirch et al. 1982).

Bewertung

Als neurotoxischer Schwellenwert für eine *Polyneuropathie* wird eine mindestens mehrmonatige Exposition von mehr als 100 ml/m^3 (360 mg/m^3) vorgeschlagen; neurophysiologische Zeichen ohne klinische Symptome können allerdings auch durch Konzentrationen unter 50 ml/m^3 (180 mg/m^3) unterhalten werden.

Solange keine eindeutigen toxischen Grenzwerte zur *Enzephalopathie* vorliegen, wird vorgeschlagen, sich an den vorliegenden Konzentrationen zur *Polyneuropathie* zu orientieren.

n-Heptan

Messwerte zu Expositionshöhen liegen weder für die *Polyneuropathie* noch für die *Enzephalopathie* vor. Hinweise gibt lediglich eine Fallbeschreibung einer 32-jährigen Frau, die nach dreimonatiger Arbeit mit einem neuen Klebstoff unter ungünstigen Raumbedingungen eine *Polyneuropathie* und zentralnervöse Symptomatik im Sinne einer toxischen *Enzephalopathie* entwickelte. Nach Expositionsbeendigung verlor sich die zentralnervöse Symptomatik rasch; die *Polyneuropathie* heilte innerhalb von sieben Monaten aus. Das Lösungsmittelgemisch des Klebers enthielt unter anderem auch gesicherte neurotoxische Lösungsmittel wie

Methylethylketon, n-Heptan und Trichlorethen. Bei einer nachgestellten Messung wurden für diese Lösungsmittel Konzentrationen von 11 %, 9 % und 23 % der gültigen Grenzwerte (TLV) festgestellt. Die neurotoxische Wirkung ausschließlich auf n-Heptan zurückzuführen, ist bei dieser Konstellation nicht zulässig (Valentini et al. 1994).

Bewertung

Da keine eindeutigen Messwerte zur Neurotoxizität vorliegen, wird vorgeschlagen, sich an dem MAK-Wert von 500 ml/m^3 ($2\,000 \text{ mg/m}^3$) zu orientieren.

Methylethylketon (MEK, 2-Butanon)

Methylethylketon hat als Einzelsubstanz keine neurotoxische Wirkung, verstärkt aber die Wirkung von n-Hexan und 2-Hexanon überadditiv (Allen 1975, Altenkirch 1982, Billmaier 1974).

Bewertung

Wegen seiner überadditiven Wirkung ist davon auszugehen, dass MEK bereits in geringen Konzentrationen Nervenschäden von Krankheitswert verursachen kann. (Abschneidekriterium für die Beurteilung ist eine Grenze von wenigen Prozent der angegebenen Schwelle).

Methyl-n-butylketon (MnBK, 2-Hexanon)

Kritische neurotoxische Schwellenwerte bei alleiniger Einwirkung von Methyl-n-butylketon liegen nicht vor. Aufgrund der oben beschriebenen Kombinationswirkungen wird für MnBK ein Schwellenwert von 6 ml/m^3 ($25,2 \text{ mg/m}^3$) vorgeschlagen. Methyl-isobutylketon (MiBK) scheint keine wesentliche neurotoxische Wirkung zu haben (Allen 1975, Billmaier 1974).

Methanol

Aufgrund einer kasuistischen Mitteilung gibt es Hinweise darauf, dass Methanolkonzentrationen von $3\,500$ bis $7\,000 \text{ ml/m}^3$ ($4\,550$ bis $9\,100 \text{ mg/m}^3$) in der Lage sind, eine mehrmonatige Amaurose (partielle Erblindung) und leichte Polyneuropathie zu verursachen (Humperdinck 1941).

Bewertung

Als neurotoxischer Schwellenwert wird deshalb $3\,500 \text{ ml/m}^3$ ($4\,550 \text{ mg/m}^3$) vorgeschlagen.

Ethanol

Untersuchungen zu Ethanolkonzentrationen an Arbeitsplätzen mit neurologischen Dauerschäden liegen nicht vor. Aus Untersuchun-

gen an Alkoholikern ist bekannt, dass mehrjähriger Alkoholkonsum von mindestens 100 g/Tag zu einer Polyneuropathie führt (Scheid 1983). Bei einer Aufnahme von 100 g reinem Alkohol ist von einem Blutalkoholspiegel von 2 bis 3 ‰ (2 bis 3 ml/l) auszugehen. Eine dreistündige Raumluftkonzentration von $7\,500 \text{ ml/m}^3$ ($14\,250 \text{ mg/m}^3$) führt aber bei einem Atemminutenvolumen von 25 l/Min. (mittelschwere Arbeit) nur zu einem Blutalkoholanstieg von $0,4 \text{ ‰}$ (Lester et al. 1951).

Bewertung

Der neurotoxische Schwellenwert dürfte ganz erheblich oberhalb des MAK-Wertes von $1\,000 \text{ ml/m}^3$ ($1\,900 \text{ mg/m}^3$) liegen.

2-Methoxyethanol (Methylglykol)

Sechs Arbeiter in einer Kunststoffabrik erkrankten wenige Wochen bis Monate nach Einführung von 2-Methoxyethanol als Lösungsmittel an Symptomen einer toxischen Enzephalopathie mit Persönlichkeitsveränderungen, Stupor, Tremor und Ataxie. Symptome einer Polyneuropathie lagen nicht vor. Die nachträglich ermittelten Lösungsmittelkonzentrationen lagen zwischen 60 bis $3\,360 \text{ ml/m}^3$ (180 bis $10\,080 \text{ mg/m}^3$), die arbeitshygienischen Voraussetzungen waren schlecht. Genaue Verlaufskontrollen

sind der Fallbeschreibung nicht zu entnehmen (Zavon 1963).

Bewertung

Da keine genaue Differenzierung der Messwerte vorgenommen wurde, ist nicht auszuschließen, dass bereits ab 60 ml/m^3 (180 mg/m^3) innerhalb weniger Wochen bis Monate eine toxische Enzephalopathie auftreten kann. Eine Polyneuropathie ist bisher nicht beschrieben.

Benzol

Für die beobachteten Fälle von Enzephalopathien und Polyneuropathien finden sich keine Expositionsdaten. Einen Hinweis gibt lediglich eine Arbeit, die emotionale Auffälligkeiten bei Expositionshöhen von weniger als 10 ml/m^3 (32 mg/m^3) nachweisen konnte (Xu 1995). Da zu der chinesischen Originalarbeit nur ein englisches Abstract vorliegt, ist die Relevanz dieser Arbeit schwer einzuschätzen.

Bewertung

Da keine eindeutigen Messwerte zu Neurotoxizität vorliegen, wird vorgeschlagen, sich an den Werten für Toluol zu orientieren. Der TRK-Wert von $1,0 \text{ ml/m}^3$ bzw. $2,5 \text{ ml/m}^3$ ($3,2$ bzw. $8,0 \text{ mg/m}^3$) ist für die Kanzerogenität konzipiert und für die

hier vorliegende Fragestellung nicht relevant.

Toluol

Polyneuropathien wurden bei ca. 100 ml/m^3 (380 mg/m^3) nach 14-jähriger Exposition nachgewiesen (Magnussen 1983). Nervenleitgeschwindigkeiten und Herzvariationskoeffizienten als Parameter einer Störung des autonomen Nervensystems waren bei Expositionshöhen von 80 ml/m^3 und mehrjähriger Exposition signifikant verringert (Murata 1993).

Mehrjährige (3 bis 30 Jahre) Expositionen von 50 bis 150 ml/m^3 (190 bis 570 mg/m^3) führten zu einer signifikanten Beeinträchtigung der psychomotorischen Leistungsfähigkeit (Iregren 1982) und der Gedächtnisleistungen (Foo 1990).

Bewertung

Als neurotoxischer Schwellenwert wird sowohl für eine Polyneuropathie als auch eine Enzephalopathie eine mehrjährige Exposition von mehr als 80 ml/m^3 (304 mg/m^3) vorgeschlagen.

Xylol

Bei den beobachteten Fällen von Enzephalopathien finden sich keine zuverlässigen

gen Expositionsdaten. Einen Hinweis gibt eine Untersuchung, die bei 100 Arbeitern mit einer Lösungsmittelmischexposition und durchschnittlichen Xylolkonzentrationen von 60 ml/m^3 (264 mg/m^3) eine geringe Abnahme des Auffassungs- und Worterinnerungsvermögens feststellte (Hänninen 1976). Eindeutige Polyneuropathien durch Xylol sind bisher nicht beobachtet worden.

Bewertung

Da keine eindeutigen Messwerte zur Neurotoxizität vorliegen, wird vorgeschlagen, sich an dem MAK-Wert von 100 ml/m^3 (440 mg/m^3) zu orientieren.

Styrol

In einer Untersuchung an Styrolarbeitern in der Fiberglasverstärkung fanden sich bei Expositionshöhen von 22 ml/m^3 ($93,5 \text{ mg/m}^3$) und einer Expositionsdauer von 10 Jahren verglichen mit einem nicht-exponierten Kontrollkollektiv signifikant stärkere Beeinträchtigungen der kognitiven Leistungsfähigkeit und des Vibrationsempfindens (Tsai 1996). In weiteren Untersuchungen waren ebenfalls bei 22 ml/m^3 ($93,5 \text{ mg/m}^3$), aber bereits nach fünfjähriger Expositionsdauer Reaktionsgeschwindigkeiten und Zahlengedächtnis (Jegaden 1993) sowie sensible Nervenleitgeschwindigkeiten und Herzfrequenzvariation

(Murata 1991) verglichen mit einem Kontrollkollektiv signifikant schlechter. Weitere epidemiologische und kasuistische Untersuchungen stellten fest, dass sowohl Polyneuropathien als auch leichte Enzephalopathien bei mindestens 5-jähriger Expositionsdauer und Durchschnittskonzentrationen unter 50 ml/m^3 ($212,5 \text{ mg/m}^3$) auftreten können (Gobba 1995, Mutti 1984, Cherry 1990, Yuasha 1996 und Stetkarova 1993).

Bewertung

Als neurotoxischer Schwellenwert wird sowohl für die Polyneuropathie als auch für die Enzephalopathie eine mehrjährige Exposition von 20 ml/m^3 (85 mg/m^3) vorgeschlagen.

Dichlormethan

Bei zwei Frauen, die drei bis vier Jahren unregelmäßig, dann 1,5 Jahre lang regelmäßig gegenüber maximal 163 ml/m^3 ($586,8 \text{ mg/m}^3$) Dichlormethan exponiert waren, hatten sich Symptome einer leichten Enzephalopathie mit Antriebsschwäche und Stimmungslabilität nach zweijähriger Expositionskarenz testpsychologisch nur gering gebessert. Veränderungen im Sinne einer toxischen Polyneuropathie fanden sich nicht (Kunath 1979). Mehrere Untersuchungen stellten Veränderungen im Sinne einer toxi-

schen Enzephalopathie bei Expositionshöhen von mehr als 400 ml/m^3 (1440 mg/m^3) fest (Repko 1976, Barrowcliff 1979, Weiß 1967 und Hanke 1974).

Bewertung

Als neurotoxischer Schwellenwert wird eine mehrjährige Exposition von 150 ml/m^3 ($637,5 \text{ mg/m}^3$) vorgeschlagen. Eine Polyneuropathie ist bisher nicht beschrieben worden.

1,1,1-Trichlorethan

Eine 44-jährige Frau entwickelte 18 Monate nach Arbeitsaufnahme an einer Entfettungsanlage eine vorwiegend sensible Polyneuropathie; die Besserung setzte zwei Monate nach Expositionsbeendigung ein; sechs Monate danach war die Polyneuropathie vollständig abgeklungen. Luftkonzentrationen wurden nicht gemessen; eine zusätzliche Hautresorption wird trotz Schutzhandschuhen angenommen (House 1994). Toxische Enzephalopathien wurden bei Arbeitern noch nach durchschnittlich 17-jähriger Exposition nachgewiesen. Die Konzentrationshöhen sind nicht bekannt; die Arbeiter mussten jedoch wegen präanarkotischer Symptome regelmäßig während der Arbeit ins Freie gehen (Kelafant 1994). Konzentrationen von mehr als 500 ml/m^3

(2700 mg/m^3) sind deshalb anzunehmen (Gamberale 1973).

Bewertung

Als neurotoxischer Schwellenwert wird für die Polyneuropathie eine mindestens mehrmonatige Exposition und für die toxische Enzephalopathie eine mehrjährige Exposition von mehr als 500 ml/m^3 (2700 mg/m^3) vorgeschlagen.

Trichlorethen

Eine 39-jährige Frau entwickelte nach zweijähriger Tätigkeit an einer Reinigungsanlage bei Konzentrationen um 260 ml/m^3 (1404 mg/m^3) Symptome einer toxischen Enzephalopathie (Milby 1968). Verzögerte Nervenleitgeschwindigkeiten wurden bei einer durchschnittlichen Expositionsdauer von 16 Jahren und Konzentrationshöhen festgestellt, die sich im Laufe der Jahre von 80 auf 35 ml/m^3 (432 auf 189 mg/m^3) reduziert hatten und vor der Untersuchung etwa 10 Jahre lang bei 17 ml/m^3 ($91,8 \text{ mg/m}^3$) gelegen hatte (Ruijten 1991). Bei einer Untersuchung an 31 Trichlorethen-exponierten Arbeitern mit Expositionen von ca. 50 bis 100 ml/m^3 (270 bis 540 mg/m^3) und einer Expositionsdauer von 1 bis 20 Jahren fanden sich bereits vor Schichtbeginn signifikante Beeinträchtigun-

gen der psychomotorischen Leistungsfähigkeit (Konietzko et al. 1975).

Bewertung

Als neurotoxischer Schwellenwert wird für die toxische Enzephalopathie wie für die toxische Neuropathie eine mehrjährige Exposition von 50 ml/m^3 (270 mg/m^3) vorgeschlagen.

Tetrachlorethen (Perchloroethylen)

Symptome einer toxischen Enzephalopathie, die mindestens ein Jahr persistierten, fanden sich nach dreijähriger Arbeit in einer chemischen Reinigung. Expositionswerte liegen nicht vor, dürften jedoch nach Erfahrungen an solchen Arbeitsplätzen zwischen 50 und 100 ml/m^3 (345 und 690 mg/m^3) gelegen haben (Gold 1969). Bei zweijähriger Exposition gegenüber 75 ml/m^3 ($517,5 \text{ mg/m}^3$) fanden sich neurophysiologische Zeichen einer Polyneuropathie sowie präanarkotische Symptome (Lob 1957).

Bewertung

Eine kritische Expositionshöhe ist schwer abzuschätzen. Als neurotoxischer Schwellenwert für die Entwicklung einer Enzephalopathie wird eine mehrjährige Exposition von 80 ml/m^3 (552 mg/m^3) vorgeschlagen.

6.3 Abschätzung von neurotoxischen Schwellenwerten bei Expositionen gegenüber organischen Lösungsmittelgemischen

6.3.1 Ziel

Im Rahmen einer Literaturlauswertung sollen Schwellenwerte für neurotoxische Effekte als Folge von Langzeitexpositionen gegenüber organischen Lösungsmittelgemischen abgeleitet werden.

Ausgehend von den älteren epidemiologischen Untersuchungen sind zunächst Berufe bzw. Tätigkeiten mit erhöhter Morbidität für neuropsychiatrische Erkrankungen zu definieren. In mehreren analytischen epidemiologischen Untersuchungen (Kohortenstudien und Fall-Kontroll-Studien) ist für Industrielackierer, Maler, Schreiner und andere Berufe mit Lösungsmittelbelastung eine erhöhte Erkrankungsrate für neuropsychiatrische Krankheitsbilder berichtet worden (Axelson et al. 1976, Lindström et al. 1984, Olsen und Sabroe 1980, van Vliet et al. 1989, Riise und Moen 1990, Mikkelsen 1980, Gregersen et al. 1987, Guberan et al. 1989 und Brackbill et al. 1990). Diese Studien sind jedoch für eine Risikoquantifizierung nicht geeignet, da Angaben zur Höhe und zum zeitlichen Umfang der Expositionen fehlen.

Bei der Ableitung eines Schwellenwertes ist zunächst der „neurotoxische Endpunkt“ zu definieren. In Anlehnung an das Krankheitsbild der toxischen Enzephalopathie können folgende drei Endpunkte diskutiert werden:

- I. Befindlichkeitsstörungen ohne kognitive Funktionseinbußen (entspricht Typ I der Enzephalopathie)
- II. Befindlichkeitsstörungen und kognitive Funktionseinbußen ohne bzw. mit neurologischen Befunden (Typ II A bzw. Typ II B der Enzephalopathie)
- III. Neuropsychiatrische Diagnose gemäß ICD bzw. DMS (entspricht Typ I, II A, II B und III der Enzephalopathie)

Für die nachfolgende Auswertung liegen ausreichende Daten nur für die unter I. und II. genannten Endpunkte vor.

Der neurotoxische Endpunkt „Polyneuropathie“ ist für die hier in Betracht kommenden Lösungsmittelgemische weniger relevant. In einigen Studien ist zwar vereinzelt auf präklinische Veränderungen im Bereich des peripheren Nervensystems, z.B. verzögerte Nervenleitgeschwindigkeiten, hingewiesen worden (Seppäläinen et al. 1995, Ruijten et al. 1994). Dies konnte in anderen Studien nicht bestätigt werden, so dass derzeit nicht von einer konsistenten Daten-

lage gesprochen werden kann (Orbaek et al. 1985, Triebig (Ed.) 1986 und 1989, Nasterlack et al. 1997). Auch fehlen ausreichende Expositionsdaten, um die Frage nach möglichen „Schwellenwerten“ für Lösungsmittelgemische diskutieren zu können.

Im Zusammenhang mit der Bewertung von Lösungsmittelgemischen sind grundsätzlich Interaktionen zwischen den Einzelkomponenten möglich, die sowohl toxikokinetische als auch toxikodynamische Gesichtspunkte betreffen (Alessionet al. 1994, Ballantyne 1985).

Die hier interessierenden toxikodynamischen Interaktionen können wie folgt klassifiziert werden:

- A. Additiv, d.h., der Gesamteffekt entspricht der Summe der Einzeleffekte.
- B. Synergistisch: Der Gesamteffekt ist größer als die Summe der Einzeleffekte.
- C. Potenzierend: Der Effekt einer wenig toxischen Substanz wird durch die Anwesenheit eines weiteren Stoffes erhöht.
- D. Antagonistisch: Der Gesamteffekt ist geringer als die Summe der Einzeleffekte.
- E. Unabhängig: Eine Interaktion der Einzelstoffe findet nicht statt.

Mit wenigen Ausnahmen (z.B. n-Hexan und Methylethylketon) geht man primär von der Annahme additiver Wirkungen der Lösungsmittelkomponenten aus. Allerdings muss bei komplexen Lösungsmittelgemischen auch mit synergistischen neurotoxischen Effekten gerechnet werden, wie von den Autoren einer neueren Literaturstudie diskutiert wurde (Alessio et al. 1994). Die Datenlage reicht jedoch nicht aus, um Schlussfolgerungen begründen zu können.

6.3.2 Methode

Es erfolgt eine Literaturrecherche für den Zeitraum ab 1980, da erfahrungsgemäß in älteren Studien keine Messergebnisse angegeben werden.

Die Auswahl der in Betracht kommenden Studien erfolgte unter den Gesichtspunkten:

- Definition des Lösungsmittelgemisches mit Angabe von wesentlichen Einzelkomponenten
- Angabe von Lösungsmittel-Konzentrationen in der Luft an aktuellen Arbeitsplätzen und/oder Bewertung anhand der zum Untersuchungszeitpunkt zulässigen Grenzwerte (MAK, TLV, etc.)
- Retrospektive Abschätzung der Lösungsmittel-Exposition auf der Basis von

Arbeitsanamnese, Klassifikation der Tätigkeit, historische Messdaten, usw.

Aufgrund der starken Heterogenität der Lösungsmittel-Exposition ist eine vergleichende Betrachtung nur auf der Basis von „Bewertungsindices“ möglich.

Als „aktueller Bewertungsindex (ABI)“ gelten die zum Untersuchungszeitpunkt gemessenen Lösungsmittel-Konzentrationen und/oder der daraus nach der sogenannten Summationsformel berechnete Bewertungsindex gemäß TRGS 403 bzw. nach der von der American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) empfohlenen Vorgehensweise.

Der „chronische Bewertungsindex (CBI)“ stellt das Produkt aus dem „aktuellen Bewertungsindex“ und der mittleren Expositionsdauer in Jahren dar.

Ein direkter Vergleich der einzelnen Studien anhand der Bewertungsindices ist nur eingeschränkt möglich, da

- die zugrunde liegenden Luftgrenzwerte keine zeitlich konstanten Größen sind,
- nicht alle Lösungsmittel-Komponenten für die Berechnung des ABI berücksichtigt werden konnten (z.B. beim Fehlen von Luftgrenzwerten),
- bei der Berechnung des ABI eine Differenzierung hinsichtlich neurotoxischer

und chemisch-irritativer Wirkung nicht erfolgt ist.

welchem Ergebnis Expositions-Effekt-Beziehungen geprüft wurden

6.3.3 Ergebnisse und Diskussion

In den Tabellen 1 bis 5 sind die Resultate für folgende Berufsgruppen bzw. Tätigkeiten mit Lösungsmittel-Exposition enthalten:

1. Industrielackierer und Spritzlackierer
2. Maler
3. Lackmischer (Beschäftigte in der Lack- und Farbenproduktion)
4. Sonstige (z.B. Fußbodenleger, Tankwagenfahrer, Beschäftigte in der Elektronikindustrie, Seeleute auf Tankschiffen)
5. Verschiedene Berufsgruppen, die in der Auswertung nicht näher differenziert werden konnten (Mischkollektiv)

Dargestellt sind

- die Expositionsdauer in Jahren
- die berechneten Bewertungsindices ABI und CBI
- die Untersuchungsmethoden zur Erfassung der neurotoxischen Effekte (körperliche Untersuchung, neuropsychologische Testung, psychiatrische Exploration, Befragung)
- die festgestellten wesentlichen Effekte
- die Angabe, ob und gegebenenfalls mit

Bei den erfassten Studien handelt es sich – mit wenigen Ausnahmen – um Querschnittsuntersuchungen. Diese sind bekanntlich für Selektion, Confounding und Bias anfällig. Einzelne Studien weisen darüber hinaus nicht unerhebliche Schwächen in der Methodik auf, z.B. Auswahl einer adäquaten Kontrollgruppe, keine Erfassung der prämorbidem Intelligenz, multiples Testen ohne notwendige statistische Adjustierung.

Obgleich das Spektrum der mitgeteilten, in der Tabelle jedoch nicht detailliert aufgeführten Einzelstoffe erheblich variiert, werden folgende Einzelkomponenten häufiger genannt: Toluol, Xylol, Methylethylketon (2-Butanon), Methylisobutylketon, Butylacetat, Ethylacetat sowie Siedegrenzbenzine und Testbenzine. Bei den zuletzt genannten Bezeichnungen handelt es sich um Kohlenwasserstoffgemische, die durch Raffination bzw. Destillation von Erdöl hergestellt werden. Chemisch sind diese Kohlenwasserstofflösungsmittel komplexe Gemische aus n-Aliphaten, Iso-Aliphaten, Cydo-Aliphaten (Naphthene) und Aromaten. Olefinische Kohlenwasserstoffe sind in der Regel nicht enthalten.

Berücksichtigt man die in der wissenschaftlichen Begründung zur Berufskrankheit

Nr. 1317 als neurotoxisch identifizierten Einzelstoffe, so machen diese rund 30 bis 90 % der Summenkonzentration aus. In diesem Zusammenhang sind vor allem Toluol, die isomeren Xylole sowie 2-Butanon anzuführen (NN 1996).

Die Expositionsdauer variiert in einem relativ weiten Bereich (von minimal drei Monaten bis maximal 46 Jahren). In nahezu allen Studien hat es sich um eine chronische Exposition, die im Mittel mehr als zehn Jahre ausgemacht hat, gehandelt.

Die Angabe der Expositionshöhe bezieht sich meistens auf Messergebnisse zum Untersuchungszeitpunkt. In einigen Fällen werden auch historische Expositionsdaten berücksichtigt. Mehrere Autoren weisen darauf hin, dass in der Vergangenheit höhere Lösungsmittel-Expositionen vorgelegen haben (Hänninen et al. 1976, Riala et al. 1984). Diese Tatsache führt in der Regel zu einer Überschätzung der chronischen Neurotoxizität, da die zum Untersuchungszeitpunkt ermittelten Konzentrationen im Vergleich zu früheren Zeiträumen geringer waren.

Die in den Tabellen 26 bis 30 angegebenen aktuellen Bewertungsindices schwanken in einem Bereich von kleiner 0,1 bis maximal 4,5, wenn man von einigen Besonderheiten absieht (s. Legende zu den Tabellen).

Vergleicht man die ABI für die verschiedenen Berufsgruppen, ist eine starke Heterogenität festzustellen.

Neben den bereits oben aufgeführten methodischen Aspekten sind die Besonderheiten der Arbeitsplätze und Arbeitstechniken hierfür maßgeblich. Beispielsweise werden Lackierarbeiten häufig an Spritzständen und in Spritzkabinen mit technischer Be- und Entlüftung sowie unter Verwendung von persönlichen Atemschutzmaßnahmen verrichtet. Somit ist das Ergebnis von Unter- und Überschreitungen der Luftgrenzwerte für vergleichbare Tätigkeiten aus arbeitsmedizinischer Sicht plausibel.

Auch für den chronischen Bewertungsindex errechnet sich ein großer Wertebereich. Neben der Expositionshöhe führen zusätzlich die unterschiedlichen Expositionszeiträume zu einer großen Streuung.

Akute neurotoxische Symptome sind regelhaft mit einem ABI von mehr als 1.0 assoziiert (Hänninen et al. 1976, Husman et al. 1980, Olson 1982, Lindström und Wickström 1983, White et al. 1994, Escalona et al. 1995). Dies entspricht auch eigenen Erfahrungen bei Malern und Lackierern (Triebig (Ed.) 1989, Nasterlack et al. 1997, Dietz et al. 1998). In Einzelfällen ist dies auch bei Beschäftigten mit einem ABI kleiner 1.0 möglich (Daniell et al. 1993).

Bei der Bewertung von chronischen neurotoxischen Effekten kann zunächst festgestellt werden, dass neurologische Symptome, wie sie bei der mittelschweren Form der toxischen Enzephalopathie (Typ II B) gefordert sind, nicht berichtet wurden.

Befindlichkeitsstörungen im Sinne des Schweregrades I können bereits bei einem ABI von kleiner 1.0 beobachtet werden. Auf statistischer Basis ist bei Unterschreitung eines EI von 0,5 eine Überhäufigkeit von Befindlichkeitsstörungen jedoch unwahrscheinlich.

Ein Schwellenwert für den ABI kann auf der Basis von Befindlichkeitsstörungen nicht abgeleitet werden, da entweder „Expositions-Effekt-Beziehungen“ statistisch nicht geprüft wurden oder die statistische Prüfung zu keinen signifikanten Zusammenhängen geführt hat.

Symptome und kognitive Funktionsstörungen sind zwar nicht auszuschließen, wenn der Expositionsindex 1.0 unterschritten wird (Elofsson et al. 1980, Struwe und Wennberg 1983, Ng et al. 1990, Foo et al. 1993). Anhand der Mehrzahl der Studien kann jedoch abgeleitet werden, dass für den Nachweis von kognitiven Funktionsstörungen auf Gruppenbasis höhere Expositionen mit Überschreitung des ABI von 1.0 vorgelegen haben (Kishi et al. 1993, Triebig et al. 1989 und 1992,

Orbaek et al. 1985, Escalona et al. 1995, Lee und Lee 1993). In den Studien, in denen der ABI unterhalb von 1.0 gelegen war, wurden in der Regel keine signifikanten kognitiven Leistungsdefizite festgestellt (Maizlish et al. 1985, Nasterlack et al. 1997, Dietz et al. 1998, Lundberg et al. 1995, Triebig et al. 1986 und 1988).

Diese Annahme wird auch durch die Ergebnisse von solchen Studien gestützt, in denen positive „Expositions-Effekt-Beziehungen“ berichtet worden waren (Orbaek et al. 1985, Kishi et al. 1993, Nasterlack et al. 1997, Escalona et al. 1995).

Das Vorliegen von Expositions-Effekt-Beziehungen konnte auch in einer kürzlich abgeschlossenen Längsschnittuntersuchung in verschiedenen Lösungsmittel-exponierenden Betrieben bestätigt werden (Dietz et al. 1998). Akute Lösungsmittel-Effekte in Folge einer Tagesschichtexposition im „Niedrig-Dosis-Bereich“ konnten nicht festgestellt werden. Während sich subchronische Effekte im Zwei-Jahres-Zeitraum in Form von Befindlichkeitsstörungen zeigten, fanden sich unter chronischer Exposition von im Mittel 1,5 Jahren zusätzlich kognitive Leistungseinschränkungen in Abhängigkeit zur Expositionshöhe.

Für den chronischen Bewertungsindex (CBI) ergibt sich folgendes Bild:

In den Studien, in denen positive „Expositions-Effekt-Beziehungen“ statistisch nachgewiesen werden konnten, sind Befindlichkeitsstörungen und kognitive Dysfunktionen mit einem CBI von 10 bis 16 assoziiert (Orbaek et al. 1985, Kishi et al. 1993, Nasterlack et al. 1997, Escalona et al. 1995, Dietz et al. 1998).

Berücksichtigt man den aus epidemiologischen Studien abgeleiteten Erfahrungswert einer Expositionsdauer von mindestens zehn Jahren, resultiert eine gute Übereinstimmung. Es kann gefolgert werden, dass als Ursache für eine leichte toxische Enzephalopathie Lösungsmittel-Expositionen erforderlich waren, bei denen der chronische Bewertungsindex oberhalb 10 und der aktuelle Bewertungsindex um oder oberhalb 1,0 gelegen hat.

Abschließend ist wichtig darauf hinzuweisen, dass die vorstehend genannten statistischen Ableitungen nur auf Gruppenbasis Gültigkeit besitzen. Eine direkte Übertragung auf den Einzelfall ist im Sinne einer Kausalprüfung nicht begründet. Vielmehr bedarf es hierzu der umfassenden synoptischen Bewertung unter Einbeziehung der beruflichen Expositionen, außerberuflichen

Gefährdungen und individuellen endogenen und exogenen Risikokonstellation.

6.3.4. Schlussfolgerungen

- I Die Ableitung von Schwellenwerten für Lösungsmittelgemische ist wegen der Heterogenität der Studien und aufgrund fehlender Expositionsdaten in der Vergangenheit mit Unsicherheiten behaftet.
- II Akute neurotoxische Effekte (präarktische Symptome) sind konsistent bei Überschreitung des aktuellen Bewertungsindex (ABI) von 1.0 beschrieben.
- III Anhand der aktuellen Bewertungsindices lassen sich folgende Schwellenwerte ableiten:

Aktueller Bewertungsindex (ABI)

- unter 0.5: Keine Funktionsstörungen, Symptome unwahrscheinlich
- 0.5 bis 1.0: Symptome möglich bis wahrscheinlich, Funktionsstörungen unwahrscheinlich
- über 1.0: Symptome häufig, Funktionsstörungen wahrscheinlich

Legende für die Tabellen 26 – 30

- ABI aktueller Bewertungsindex in Analogie zur TRGS 403 (Summe der Quotienten aus der Konzentration der Einzelstoffe und deren Grenzwert in der Luft)
- CBI chronischer Bewertungsindex (Produkt aus ABI und der mittleren Expositionsdauer)
- EA Expositionsabschätzung
- KU körperliche Untersuchung
- NP (neuro)psychologische Untersuchung
- PU psychiatrische Untersuchung
- B Befragung
- EEB Expositions-Effekt-Beziehung
- k.A. keine Angaben
- a mittlere Exposition 40 ppm lt. Autoren, 200 ppm als finnischer TLV (Hänninen und Husman 1976)
- b Maximalwert
- c berechnet aus 55–438 Grenzwert-Monaten und 500 mg/m³ als Grenzwert für White Spirit (Lundberg et al. 1995)
- d ppm
- e ppm/Jahre

Tabelle 26:
Industrielackierer und Spritzlackierer

Exponierte	Expositions- dauer [a]	ABI	CBI [a]	Methoden	Effekte	Anmerkungen	Autor/en
102 Spritzlackierer	14,8 (1-40)	0,32 (0,04-2,12)	4,7	NP, B	kognitive Gedächtnisleistungen eingeschränkt, Persönlichkeitsänderungen, akute und chronische Symptome vermehrt	in der Vergangenheit höhere LA-Exposition	Hänninen et al., 1976 Husman et al., 1980 (Finnland)
80 Spritzlackierer	k.A.	0,21 (0,12-0,30)		KU, NP, PU	Neurologisch keine Befunde, psychologisch vermehrt Symptome, kognitive Leistungsverluste (Neurosthenie)	keine EEB	Elofsson et al., 1980 Struwe und Wennberg, 1983 (Schweden)
44 Spritzlackierer	11,7	0,67 (0,24-1,10)	7,8 (2,8-12,9)	KU, NP	klinisch und neurophysiologisch keine Befunde, leichte Unterschiede in den testpsychologischen Funktionen	keine EEB	Cherry et al., 1985 (Großbritannien)
35 Spritzlackierer	7 ± 6	0,06	0,4	KU, NP	Neurologisch keine Befunde, testpsychologisch geringe Unterschiede	Keine EEB	Maizlish et al., 1985 (USA)
27 Spritzlackierer	3 ± 5	0,13	0,4				
36 Spritzlackierer	4 ± 3	0,09	0,4				
26 Drucker	12 ± 8	1,70	20,4				
105 Spritzlackierer	26 (10-44)	0,95 (0,1-2,7)	24,7 (2,6-70,2)	KU, NP, PU	Neurologisch keine Befunde, psychiatrisch vermehrt Symptome (Interessenverlust, Konzentrationsstörungen)	keine EEB differenzierte EA	Triebig et al., 1989 Triebig et al., 1992 (Deutschland)
71 Autolackierer				NP	akute Symptome vermehrt	keine EEB differenzierte EA	Daniel et al., 1993 (USA)
- hoch	9 ± 8	46 ± 26 ^d	414 ^a				
- niedrig	9 ± 7	36 ± 16 ^d	324 ^a				

Tabelle 27:
Maler

Exponierte	Expositions- dauer [a]	ABI	CBI [a]	Methoden	Effekte	Anmerkungen	Autor/en
219 Maler	22 ± 8,5	0,2a	4,4	NP	chronische Symptome nicht unterschiedlich, kognitive Leistungen vermindert	differenzierte EA akute Symptome	Lindström und Wickström, 1983 (Finnland)
105 Maler	27 (10-36)	0,53b	14,3b	KU, NP	Neurologisch und testpsychologisch keine Befunde	keine EEB	Triebig et al., 1986 Triebig et al., 1988 (Deutschland)
81 Maler	11,4 ± 6,4	1,1 (Toluol) (0,23-1,81) 1,4 (Xylole) (0,05-3,08)	12,5 (Toluol) 16,0 (Xylole)	NP	akute Symptome vermehrt, kognitive Leistungen vermindert	differenzierte EA EEB	Kishi et al., 1993 (Japan)
135 Maler	4,6-35,7c	1c	4,6-36,5c	KU, NP, PU	Neurologisch keine Befunde, keine wesentlichen Unterschiede in den kognitiven Leistungen	differenzierte EA	Lundberg et al., 1995 (Schweden)
401 Maler	26 (10-46)	0,1-0,57	0,3-14,8	KU, NP, PU	Neurologisch keine Befunde, vermehrt Symptome	differenzierte EA EEB	Nosterlack et al., 1997 (Deutschland)

Tabelle 28:
Lack- und Farbenherstellung

Exponierte	Expositions- dauer [a]	ABI	CBI [a]	Methoden	Effekte	Anmerkungen	Autor/en
38 Beschäftigte aus der Produktion 9 Maschinereiniger	24,1 4,3	0,35 2,94	8,4 12,6	NP	kognitive Leistungen (z.B. Reaktions- zeit) vor und nach der Schicht einge- schränkt	akute Effekte	Olson 1982 (Schweden)
50 Beschäftigte aus der Produktion	18 (5 - 46)	0,1 - 4,5	16 (1 - 68)	KU, NP, PU	cerebrale Dysfunktionen in 14% der Fälle, neurologisch keine Unterschiede	EEB	Orbaek et al., 1985 (Schweden)
187 Beschäftigte aus zwei Produkti- onsbetrieben	15,5 ± 8,0 13,6 ± 4,0	11,7 ± 6,2d 7,6 ± 5,3d	180 ± 128e 97 ± 70e	NP	vermehrt Symptome ohne klinische Relevanz	differenzierte EA EEB	Bolla et al., 1990 Blecker et al., 1991 Ford et al., 1991 (USA)
144 Beschäftigte aus der Produktion	15 ± 6	k.A.	140 ± 12e	NP, PU	kognitive Leistungen bereits bei einer Tätigkeitsdauer von unter 10 Jahren vermindert	differenzierte EA	Bolla et al., 1995 (USA)

Tabelle 29:
Sonstige

Exponierte	Expositions- dauer [a]	ABI	CBI [a]	Methoden	Effekte	Anmerkungen	Autor/en
50 Fußbodenleger	27 9	0,87 (0,02 - 4,3)	23,5 7,8	KU, NP	Neurologisch keine Befunde, vermehrt Symptome bei Tätigkeitsdauer von über 20 Jahren	keine EEB	Ekberg et al., 1986 (Schweden)
85 Seeleute (Tanker)	k.A.	k.A.		KU	vermehrt Sensibilitätsstörungen	differenzierte EA keine EEB	Moen et al., 1988 (Norwegen)
30 Beschäftigte eines Elektronik- betriebes 24 Drucker	5,7 ± 3,3 2,3 ± 3,0	0,91 0,71	5,2 1,6	NP	kognitive Leistungen vermindert	keine EEB	Foa et al., 1993 (Singapur)
185 Kfz-Techniker	2,8 3,9	36d 45d	101e 176e	NP	vermehrt akute Symptome	Längsschnittstudie, keine EEB für chroni- schw. Exposition, EEB für akute Symptome	White et al., 1994 (USA)
82 Beschäftigte eines Klebstoff verarbeitenden Betriebes	7 ± 5	0,66 1,66	4,6 11,6	NP	vermehrt Symptome, kognitive Leistungen vermindert	akute Effekte EEB	Escalona et al., 1995 (Venezuela)
101 Tankwagenfahrer	15,7 (2 - 40)	0,8 - 2,5	12,6 - 39,3	B	keine Unterschiede in den Symptomen	keine EEB	Hakkola et al., 1996 (Finnland)

Tabelle 30:
Mischkollektive

Exponierte	Expositions- dauer [a]	ABI	CBI [a]	Methoden	Effekte	Anmerkungen	Autor/en
113 Spritzlackierer und Drucker	7,2 9,6	0,10 – 0,86 1,14 – 2,29	0,7 – 6,2 19,9 – 22,0	NP	kognitive Leistungen (Gedächtnis) und visuelle Wahrnehmung vermindert	keine EEB	Lee und Lee, 1993 (Südkorea)
41 Drucker, 5 Spritzlackierer, 34 Farbenmischer	9,4 (1 – 41)	0,39 9% oberhalb 1,0 (1,3 – 1,8)	3,7	NP	vermehrt Symptome (Reizbarkeit, Müdig- keit), kognitive Leistungen (motorische Geschwindigkeit) eingeschränkt	keine EEB	Ng et al., 1990 (Singapur)
21 Probanden (Maler, Spritzlackie- rer, Chemiearbeiter)	19 (8 – 26) 10 (3 – 26)	5,5 (4,0 – 12,0) 1,7 (0,7 – 3,0)	104,5 17	NP	leichte bis mäßige Dysfunktionen (im Normbereich gelegen)	Probanden waren eineiige Zwillinge keine EEB	Hänninen et al., 1991 (Finnland)
127 Probanden (Maler, Spritzlackie- rer, Drucker, Chemiearbeiter, Parkettleger, Schuhfabrikarbeiter, Laminierer)	15 (0,1 – 50)	0,27 ± 0,44	4,1 ± 6,6	NP	vermehrt Symptome (Antriebsminderung, spezifische Symptome), kognitive Leistungs- einschränkungen (Gedächtnis, Informations- verarbeitung)	zweizeitige Längs- schnittuntersuchung, differenzierte EA (akut, subchronisch (2 Jahre) und chronisch EEB bei chronischer Exposition	Dietz et al., 1998 (Deutschland)

Abkürzungsverzeichnis/Einheiten

a.B.	= Analytische Bestimmungsgrenze
AEP	= Akustisch evoziertes Potential
BArbBl	= Bundesarbeitsblatt
BAT	= Biologische Arbeitsplatztoleranzwerte
BAuA	= Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
BKV	= Berufskrankheitenverordnung
BG	= Berufsgenossenschaft
BGMG	= Berufsgenossenschaftliches Messsystem Gefahrstoffe
BIA	= Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit
BImSchV	= Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes
BK	= Berufskrankheit
BK-DOK	= Berufskrankheiten-Dokumentation
BMA	= Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung
CAS	= Chemical Abstract Service
CCT	= Craniale Computertomographie
DIN	= Deutsches Institut für Normung
EEG	= Elektroenzephalogramm
EN	= Europäische Norm
FCKW	= Fluorchlorkohlenwasserstoff
g	= Gramm
GefStoffV	= Gefahrstoffverordnung
GFK	= Glasfaserverstärkter Kunststoff
GW	= Grenzwert
hPa	= Hektopascal
HVBG	= Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften
KW	= Kohlenwasserstoff
MAK	= Maximale Arbeitsplatz-Konzentration
MdE	= Minderung der Erwerbsfähigkeit
MEGA	= Messdaten über die Exposition gegenüber Gefahrstoffen am Arbeitsplatz
mg/m ³	= Luftkonzentration in Milligramm pro Kubikmeter
ml/l	= Konzentration in Milliliter pro Liter
ml/m ³	= Luftkonzentration in Milliliter pro Kubikmeter
MRT	= Magnetresonanztomographie
µg/m ³	= Luftkonzentration in Mikrogramm pro Kubikmeter

OZ	=	Octanzahl
PER	=	Perchloräthylen (Tetrachlorethylen)
PET	=	Positronen-Emissions-Tomographie
PS	=	Polymeres Styrol
SBP	=	special boiling products
SD	=	Siedebenzin
SDB	=	Sicherheitsdatenblatt
SEP	=	Somatosensibel evoziertes Potential
SPECT	=	Single-Photon-Emissions-Computertomographie
TRGS	=	Technische Regeln für Gefahrstoffe
TRK	=	Technische Richtkonzentration
VCI	=	Verband der Chemischen Industrie
VEP	=	Visuell evoziertes Potential
ZNS	=	Zentralnervensystem

Alessio, L.; Apostoli, P.; Crippa, M.: Multiple Exposure to Solvents and Metals. *Occupational Hygiene* 1 (1994) 127-151

Allen, N.; Mendell, J.R.; Billmaier, D.J.; Fontaine, R.E.; O.N.J.: Toxic polyneuropathy due to methyl n-butyl ketone. An industrial outbreak. *Ach Neurol*, 32:209-218 (1975)

Altenkirch, H.: Hexacarbone. In: *Triebig, G.; Lehnert, G.:* Neurotoxikologie in der Arbeitsmedizin und Umweltmedizin, Gentner Verlag, Stuttgart, 1998

Altenkirch, H.; Wagner, H.M.; Stoltenburg, G.; Diding, G.; Steppat, R.: Potentiation of hexancarbon-neurotoxicity by methyl-ethylketon (MEK) and other substances: clinical and experimental aspects. *Neurobehav Toxicol Teratol*, 4:623-7 (1982)

Altenkirch, H.; Wagner, H.M.; Stoltenburg, G.; Spencer, P.S.: Nervous system responses of rats to subchronic inhalation of n-hexane and n-hexane + methyl-ethylketone (MEK and other substances: clinical and experimental aspects. *Neurobehav Toxicol Teratol*, 4:623-7 (1982)

Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 355/1, 30.12.1998; Richtlinie 98/98/EG der Kommission vom 15. Dezember 1998 zur fünfundzwanzigsten

Anpassung der Richtlinie 67/548/EWG des Rates zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften für die Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Stoffe an den technischen Fortschritt.

Axelsson, O.; Hane, M.; Hogstedt, C.: A case-referent study on neuropsychiatric disorders among workers exposed to solvents. *Scand. J. Work Environ. Health* 2 (1976) 14-20

Ballantyne, B.: Evaluation of Hazards from Mixtures of Chemicals in the Occupational Environment. *J. Occup. Med.* 27 (1985) 85-94

Barrowclift, D.F.; Knell, A.J.: Cerebral damage due to endogenous chronic carbon monoxide poisoning caused by exposure to methylen chloride, *J Soc Occup Med*, 29:12-14 (1979)

Batterman, S.A.; Franzblau, A.: Time-resolved cutaneous absorption and permeation rates of methanol in human volunteers. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 70 (1997) 341-351

Berode, M.; Droz, P.-O.; Guillemin, M.: Human exposure to styrene. VI. Percutaneous absorption in human volunteers. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 55 (1985) 331-336

Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft: Merkblatt für den Umgang mit Reinigungs-, Pflege- und Desinfektionsmittel, Ausgabe 9.1996, ZH 1/187

BG/BIA (Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften): BG/BIA-Empfehlung „Vorstriche und Klebstoffe für Bodenbeläge (außer Parkett- und andere Holzfußböden)“, BIA-Arbeitsmappe 20. Lieferung IV/98

BG/BIA (Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften): BG/BIA-Empfehlung „Oberflächenbehandlung von Parkett- und Holzfußböden“, BIA-Arbeitsmappe 16. Lieferung III/96

BG/BIA (Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften): BG/BIA-Empfehlung „Einsatz von dichlormethanhaltigen Abbeizmitteln“, BIA-Arbeitsmappe 17. Lieferung X/96

BG/BIA (Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften): BG/BIA-Empfehlung „Umgang mit Bautenlacken“ – in Vorbereitung

BG Chemie, Merkblatt: Chlorkohlenwasserstoffe (M 040), 10/1988

BG Chemie, Merkblatt: Gefährliche chemische Stoffe (M 051), 10/1985

BG Chemie: Umfrage der BG Chemie bei Herstellern und Verwendern von Lösungsmitteln für die Lackindustrie, 02/1997

BIA (Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften): Berufsgenossenschaftliches Messsystem Gefahrstoffe der gewerblichen Berufsgenossenschaften BGMG, 2. Auflage. Sankt Augustin: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften HVBG, 1993

BIA (Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften): BIA-Arbeitsmappe – Messung von Gefahrstoffen. Kennzahl 4050-4291: Schlüsselverzeichnisse für die Dokumentation von Mess- und Betriebsdaten. 16. lfg. (III/96), Erich Schmidt Verlag: Bielefeld, 1996

BIA, Zentrale Stoff- und Produktdatenbank (ZeSP), Datenblatt Ethanol, 10/1992b

BIA, Zentrale Stoff- und Produktdatenbank (ZeSP), Datenblatt Hexanon, 10/1992e

BIA, Zentrale Stoff- und Produktdatenbank (ZeSP), Datenblatt Methanol, 10/1991a

BIA, Zentrale Stoff- und Produktdatenbank (ZeSP), Datenblatt n-Heptan, 10/1992c

BIA, Zentrale Stoff- und Produktdatenbank (ZeSP), Datenblatt n-Hexan, 10/1992d

BIA, Zentrale Stoff- und Produktdatenbank (ZeSP), Datenblatt Styrol, 04/1991b

BIA, Zentrale Stoff- und Produktdatenbank (ZeSP), Datenblatt Tetrachlorethen, 08/1991

BIA, Zentrale Stoff- und Produktdatenbank (ZeSP), Datenblatt Toluol, 04/1991c

BIA, Zentrale Stoff- und Produktdatenbank (ZeSP), Datenblatt Trichlorethen, 04/1997

BIA, Zentrale Stoff- und Produktdatenbank (ZeSP), Datenblatt Xylol, 04/1993

Billmaier, D.H.; Yee, H.T.; Craft, B.; Williams, N.; Epstein, S.; Fontaine, R.; Allen, N.: Peripheral neuropathy in a coated fabrics plant. *J Occup Med*, 16: 665-671 (1974)

Blank, I.H.; McAuliffe, D.J.: Penetration of benzene through human skin. *J. Invest. Dermatol.* 85 (1985) 522 - 526

Bleeker, M.L.; Bolla, K.I.; Agnew, J.; Schwartz, B.S.; Ford, D.P.: Dose-Related

Subclinical Neuro-behavioral Effects of Chronic Exposure to Low Levels of Organic Solvents. *Am. J. Ind. Med.* 19 (1991) 715-728

BMA (Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung): Merkblatt zur Berufskrankheit Nr. 1317 der Anlage zur Berufskrankheiten-Verordnung „Polyneuropathie oder Enzephalopathie durch organische Lösungsmittel oder deren Gemische“. *Bundesarbeitsblatt*, H. 12, 31-32 (1997)

BMA (Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung): TRGS 610 „Ersatzstoffe und Ersatzverfahren für stark lösemittelhaltige Klebstoffe und Vorstriche“

BMA (Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung): TRGS 612, Ersatzstoffe, Ersatzverfahren und Verwendungsbeschränkungen für Dichlormethan beim Einsatz in Abbeizmitteln, *BARbBl.*, 03/1998

BMA (Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung): TRGS 617 „Ersatzstoffe und Ersatzverfahren für stark lösemittelhaltige Oberflächenbehandlungsmittel für Parkett und andere Holzfußböden“

Boehncke, A.; Mangelsdorf, I.; Rosner, G.: Stoffströme von Benzol unter besonderer Berücksichtigung der Bundesrepublik Deutschland, *Z. Umweltchem. Ökotox.*, 9 (6), 369-384 (1997)

- Bolla, K.I.; Schwartz, B.S.; Agnew, J.; Ford, P.D.; Bleecker, M.L.: Subclinical Neuropsychiatric Effects of Chronic Low-Level Solvent Exposure in US Paint Manufacturers. *J. Occup. Med.* 32 (1990) 671-677
- Bolla, K.I.; Schwartz, B.S.; Stewart, W.; Rignani, J.; Agnew, D.; Patrick, D.: Comparison of Neurobehavioral Function in Workers Exposed to a Mixture of Organic and Inorganic Lead and in Workers Exposed to Solvents. *Am. J. Ind. Med.* 27 (1995) 231-246
- Bolle, L.; Herrera, H.; Loréan, E.; Boillat, M.A.: Neurobehavioral Test Performance Among Apprentice Painters: Baseline Data. *Am. J. Ind. Med.* 29 (1996) 539-546
- Brackbill, R.M.; Maizlish, N.; Fischbach, T.: Risk of Neuropsychiatric Disability among Painters in the United States. *Scand. J. Work Environ. Health* 16 (1990) 182-188
- BUA (Beratergremium für umweltrelevante Altstoffe der Gesellschaft Deutscher Chemiker), Dichlormethan. BUA-Stoffbericht Nr. 6, Weinheim: VCH (1986)
- BUA (Beratergremium für umweltrelevante Altstoffe der Gesellschaft Deutscher Chemiker): Benzol. BUA-Stoffbericht Nr. 24. Weinheim: VCH (1988)
- BUA (Beratergremium für umweltrelevante Altstoffe der Gesellschaft Deutscher Chemiker): Styrol. BUA-Stoffbericht Nr. 48. Weinheim: VCH (1990)
- BUA (Beratergremium für umweltrelevante Altstoffe der Gesellschaft Deutscher Chemiker), 1,1,1-Trichlorethan. BUA-Stoffbericht Nr. 156. Weinheim: VCH (1994)
- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA): Amtliche Mitteilung Nr. 3 - Juli 1988, 3-6
- Chadwick, O.; Anderson, H.R.; Bland, J.M.; Ramsey, J.: Solvent Abuse, Springer Verlag, Heidelberg, 1991
- Cherry, N.; Gaurin, D.: Neurotoxic effects of styrene: further evidence. *Brit J Industr Med*, 47(1):29-37 (1990)
- Cherry, N.; Hutchins, H.; Pace, P.; Waldron, H.A.: Neurobehavioral Effects of Repeated Occupational Exposure to Toluene and Paint Solvents. *Brit. J. Ind. Med.* 42 (1985) 291-300
- Cranmer, J. M.; Golberg, L.: Proceedings of the Workshop on Neurobehavioral Effects of Solvents. *Neurotoxicol.* 7 (1986) 1-95
- Daniell, W.; Stebbins, A.; O'Donnell, J.; Horstman, S.W.; Rosenstock, L.: Neuropsychological performance and solvent exposure among car body repair shop workers. *Br. J. Ind. Med.* 50 (1993) 368-377
- DFG-Senatskommission zur Prüfung gesundheitsgefährlicher Arbeitsstoffe, MAK-Werte und BAT-Werte, 1958-1998
- DGMK (Deutsche Gesellschaft für Mineralölwissenschaft und Kohlechemie e.V.): Wirkung von n-Heptan auf Mensch und Tier. Abschlußbericht DGMK-Projekt 174-3. Hamburg (1986)
- Dietz, M.C.; Ihrig, A.; Bader, M.; Enders, S.; Ludwig, H.; Triebig, G.: Arbeitsmedizinische Feldstudie zum Einsatz des „Arbeitsmedizinisch-Neurotoxischen Evaluierungssystems (ANES)“ im Rahmen von betriebsärztlichen Vorsorgeuntersuchungen bei Lösungsmittel-exponierten Beschäftigten (Heidelberger ANES-Studie). Abschlussbericht für den Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG) St. Augustin, 1998
- ECETOC (European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals). Percutaneous absorption. Monograph No. 20. Brüssel: ECETOC (1993)
- Edling, C.; Ekberg, K.; Ahlberg, G.; Alexandersson, R. et al.: Long term follow up to workers exposed to solvents. *Brit. J. Ind. Med.* 47 (1990) 75-82
- Ekberg, K.; Barregard, L.; Hagberg, S.; Sällsten, G.: Chronic and acute effects of solvents on central nervous system functions in floorlayers. *Br. J. Ind. Med.* 43 (1986) 101-106
- Elofsson, S.-A.; Gamberale, F.; Hindmarsh, T.; Iregren, A.; Isaksson, A.; Johnsson, I.; Knave, B.; Lydahl, E.; Mindus, P.; Persson, H.A.; Philipson, B.; Steby, M.; Struwe, G.; Söderman, E.; Wennberg, A.; Widén, L.: Exposure to Organic Solvents. *Scand. J. Work Environ. Health* 6 (1980) 239-273
- Emmett, E.A.: Toxic responses of the skin. In: Amdur, M.O.; Doull, J.; Klaassen, C.D. (Hrsg.): Casarett and Doull's Toxicology. New York u.a.: Pergamon Press, 4. Aufl. (1992); 463-483
- Escalona, E.; Yanes, L.; Feo, O.; Maizlish, N.: Neurobehavioral Evaluation of Venezuelan Workers Exposed to Organic Solvent Mixtures. *Am. J. Ind. Med.* 27 (1995) 15-27
- Foo, S.C.; Jeyaratnam, J.; Koh, D.: Chronic neurobehavioral effects of toluene. *Br J Ind Med*, 47: 480-484 (1990)
- Foo, S.C.; Ngim, C.H.; Salleh, I.; Jeyaratnam, J.; Boey, K.W.: Neurobehavioral

- Effects in Occupational Chemical Exposure. Environm. Res. 60 (1993) 267-273
- Ford, D.P.; Schwartz, B.S.; Powell, S.; Nelson, T.; Keller, L.; Sides, S.; Agnew, J.; Bolla, K.; Bleekker, M.: A Quantitative Approach to the Characterization of Cumulative and Average Solvent Exposure in Paint Manufacturing Plants. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 52 (1991) 226-234
- Franz, T.J.: Percutaneous absorption of benzene. In: MacFarland, N. (Hrsg.): Advances in modern environmental toxicology; Princeton Publishers (1984) 61-70
- Gamberale, F.; Hultengren, M.: Methylchloroform exposure. II. Psychophysiological functions. Work Environ Health, 10: 82-92 (1973)
- Gerner, H.-W.; Muhl, R.; Rühl, R.; et al.: Be- und Entschichtungsarbeiten. 1997, Druckerei H. Lauck, Flörsheim
- Gingell, R.; Boatman, R.J.; Bus, J.S., et al.: Glycol ethers and other selected glycol derivatives. In: Clayton, G.D.; Clayton, F.E. (Hrsg.): Patty's Industrial Hygiene and Toxicology. Vol. II, Part D. New York u.a.: Wiley & Sons, 4. Aufl. (1994); 2761-2966
- Gobba, F.; Cavalleri, F.; Bontadi, D.; Torri, P.; Dainese, R.: Peripheral neuropathy in styreneexposed workers. Scand J Work Environ Health, 21:517-20 (1995)
- Gold, J.H.: Chronic perchlorethylene poisoning. Can Psychiatr Assoc J, 14:627-30 (1969)
- Grandjean, P.: Skin penetration: hazardous chemicals at work. London, New York, Philadelphia: Taylor & Francis, 1990
- Gregersen, P.; Klausen, H.; Elsnaab, C.U.: Chronic toxic encephalopathy in solvent-exposed painters in Denmark 1976-1980. Clinical cases and social consequences after a 5-year follow-up. Am. J. Ind. Med. 11 (1987) 399
- Greim (Hrsg.), Gesundheitsgefährliche Arbeitsstoffe. Toxikologisch-arbeitsmedizinische Begründungen von MAK-Werten: n-Heptan. Weinheim: Wiley-VCH, (1995)
- Greim, H. (Hrsg.): Gesundheitsschädliche Arbeitsstoffe. Toxikologisch-arbeitsmedizinische Begründungen von MAK-Werten: n-Hexan. Weinheim: Wiley-VCH, (1982)
- Greim, H. (Hrsg.): Gesundheitsschädliche Arbeitsstoffe. Toxikologisch-arbeitsmedizinische Begründungen von MAK-Werten: Benzol. Weinheim: Wiley-VCH, Nachtrag (1988)
- Greim, H. (Hrsg.): Gesundheitsschädliche Arbeitsstoffe. Toxikologisch-arbeitsmedizinische Begründungen von MAK-Werten: Tetrachlorethen. Weinheim: Wiley-VCH, 25. Lfg. (1997)
- Greim, H.; Lehnert, G. (Hrsg.): Biologische Arbeitsstoff-Toleranzwerte (BAT-Werte) und Expositionsäquivalente für krebserzeugende Arbeitsstoffe (EKA). Arbeitsmedizinisch-toxikologische Begründungen: Benzol. Weinheim: VCH, 7. Lieferung (1994)
- Guberan, E.; Usel, M.; Raymond, L.; Tissot, R.; Sweetman, P.M.: Disability, mortality and incidence of cancer among Geneva painters and electricians: a historical prospective study. Br. J. Ind. Med. 46 (1989) 16-23
- Hakkola, M.; M.-L. Honkasalo; P. Pulkkinen: Neuropsychological symptoms among tanker drivers exposed to gasoline. Occup. Med. 46 (1996) 125-130
- Haltermann Speyer GmbH und Deutsche Shell Chemie GmbH: Schriftliche Mitteilungen, 1996
- Hanke, C.; Ruppe, K.; Otto, J.: Untersuchungsergebnisse zur toxischen Wirkung von Dichlormethan bei Fußbodenlegern. Erfurt: Bezirksinspektion Gesundheitsschutz in den Betrieben (1974)
- Hanke, J.; Dutkiewicz, T.; Piotrowsky, J.: The absorption of benzene throughout the skin in men. Medycyna Pracy 12 (1961) 413-426, zit. in Maibach u. Anjo (1981)
- Hänninen, H.; Eskelinen, L.; Husman, K.; Nurminen, M.: Behavioral effects of longterm exposure to a mixture of organic solvents. Scand. J. Work Environ. Health 4 (1976) 240-255
- Hänninen, H.; Antti-Poika, M.; Juntunen, J.; Koskenvuo, M.: Exposure to Organic Solvents and Neuropsychological Dysfunction: A Study on Monozygotic Twins. Br. J. Ind. Med. 48 (1991) 18-25
- Hänninen, H.; Antti-Poika, M.; Savolainen, P.: Psychological performance, toluene exposure and alcohol consumption in rotogravure printers. Int Arch Occup Environ Health, 59:475-83 (1987)
- Henschler D.: Toxikologisch-arbeitsmedizinische Begründung von MAK-Werten, Arbeitsstoff-Kommission der Deutschen Forschungsgemeinschaft, 3/1996
- Herskowitz, A.; Ishii, N.; Schaumburg, H.: N-Hexane neuropathy. A syndrome occurring as a result of industrial exposure. N Engl J Med, 285:82-5 (1971)

House, R.A.; Liss, G.M.; Wills, M.C.: Peripheral sensory neuropathy associated with 1,1,1-trichloroethane. Arch Environ Health, 49:196-9 (1994)

Humperdinck, K.: Zur Frage der chronischen Giftwirkung von Methanoldämpfen. Arch f Gewerbepath u Gewerbehyg., 10:569-574 (1941)

Husman, K.; Karli, P.: Clinical Neurological Findings among Car Painters Exposed to a Mixture of Organic Solvents. Scand. J. Work Environ. Health 6 (1980) 33-39

HVBG (Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften), BGZ-Report, Fachgespräch Lösemittel, 6/1995

Iida, M.: Neurophysiological studies of n-hexan polyneuropathy in the sandal factory. Electroencephalogr Clin Neurophysiol Suppl 36:569-574 (1941)

Iregren, A.: Effects on psychological test performance of workers exposed to a single solvent (toluene) - a comparison with effects of exposure to a mixture of organic solvents. Neurobehav Toxicol Teratol, 4:695-701 (1982)

Jambu, M.: Explorative Datenanalyse. Gustav Fischer Verlag: Stuttgart - Jena - New York, 1992

Jégaden, D.; Amann, D.; Simon, J.F.; Habault, M.; Legoux, B.; Galopin, P.: Study of the neuro-behavioral toxicity of styrene at low levels of exposure. Int Arch Occup Environ Health, 64:527-531 (1993)

Kelafant, G.A.; Berg, A.; Schleenbaker, R.: Toxic encephalopathy due to 1,1,1-trichloroethane exposure (see comments). Am J Ind Med, 26:439-46 (1994)

Kersting, K.; Höber, D.; Rühl, R.: Gefahren und Schutzmaßnahmen bei der Verarbeitung von Methylmethacrylat und Styrol. 3. Internationales Kolloquium Industriefußböden, Technische Akademie Esslingen, 10. - 12. Januar 1995

Kezic, S.; Mathieu, K.; Monster, A.C.; de Wolff, F.A.: Dermal absorption of vaporous and liquid 2-methoxyethanol and 2-ethoxyethanol in volunteers. Occup. Environ. Med. 54 (1997) 38-43

Kishi, R.; Harabuchi, I.; Katakura, Y.; Ikeda, T.; Miyake, H.: Neurobehavioral Effects of Chronic Occupational Exposure to Organic Solvents among Japanese Industrial Painters. Environm. Res. 62 (1993) 303-313

Klinken, L.; Arlien-Søborg, P.: Brain autopsy in organic solvent syndrome. Acta Neurol. Scand. 87 (1993) 371-375

Kluger, N.; Rheker, R.; Rühl, R.: Gefahrstoffe beim Bauen, Renovieren und Reinigen. Berufsgenossenschaften der Bauwirtschaft, 1995

Köhler, Th.: Neurotoxizität und Berufskrankheit, Rechtliche Aspekte. In: G. Triebig, G. Lehnert: Neurotoxikologie in der Arbeitsmedizin und Umweltmedizin, Gentner Verlag, Stuttgart, 1998

Kolmsee, K.: Ermittlung und Beurteilung der Gesundheitsgefährdung beim Umgang mit Trichlorethen und 1,1,1-Trichlorethan in Asphaltlaboratorien bei der Extraktion des Bindemittels aus bituminösen Mischgutproben. Steine und Erden, 3/1990, 7-16

Konietzko, H.; Elster, I.; Sayer, H.; Weichardt, H.: Zentralvenöse Schäden durch Trichloräthylen. Staub - Reinhalt Luft, 35:240-241 (1975)

Konietzko, J.: Kausalitätskriterien für die Anerkennung einer toxischen Polyneuropathie oder Enzephalopathie. 8. Mainzer Arbeitsmedizinische Fortbildungstage, 23./24. Januar 1998

Konietzko, J.: Polyneuropathie oder Enzephalopathie durch organische Lösungsmittel oder deren Gemische. A + A '97, Düsseldorf

Krommes et al.: Umgang mit Styrol - Sachstandbericht, BIA-Handbuch, Erich Schmidt Verlag, 26. Lieferung XI/95

Kunath, B.; Irmer, B.: Chronische Methylenchloridintoxikation - passagere oder permanente zerebrale Symptomatik? Activ Nerv Sup 21:285-286 (1979)

Lee, S.H.; Lee, S.H.: A Study on the Neurobehavioral Effects of Occupational Exposure to Organic Solvents in Korean Workers. Environm. Res. 60 (1993) 227-232

Lester, D.; Greenberg, L.A.: The inhalation of ethyl alcohol by man. I. Industrial Hygiene and medicolegal aspects. II. Individuals treated with tetracethylthiuram disulphide. Quart. J. Stud. Alcohol 12: 167-178 (1951)

Lindström, K.; Wickström, G.: Psychological Function Changes among Maintenance House Painters Exposed to Low Levels of Organic Solvent Mixtures. Acta Psychiat. Scand. 67, Suppl. 303 (1983) 81-91

Lindström, K.; Riihimäki, H.; Hänninen, K.: Occupational solvent exposure and neurophysiatic disorders. Scand. J. Work Environ. Health 10 (1984) 321-323

- Lob, M.: Les dangers du perchloréthylène. Arch Gewerbepath Gewerbehyg, 16:45-52 (1957)
- Magnussen, Z.; Fossan, G.O.: Chronic toluene poisoning. Tidsskr Nor Lægeforen (in Norwegian) 103:2039-2041 (1983)
- Lundberg, I.; Michélsen, H.; Nise, G.; Hogstedt, C.; Högberg, M.; Alfredsson, L.; Almkvist, O.; Gustavsson, A.; Hagman, M.; Herlofson, J.; Hindmarsh, T.; Wennberg, A.: Neuropsychiatric Function of Housepainters with Previous Long-Term Heavy Exposure to Organic Solvents. Scand. J. Work Environ. Health 21, Suppl. 1 (1995)
- Maibach, H.I.; Anjo, D.M.: Percutaneous penetration of benzene and benzene contained in solvents used in the rubber industry. Arch. Environ. Health 36 (1981) 256-260
- Maizlish, N.A.; Langolf, G.D.; Whitehead, L.W.; Fine, L.J.; Albers, J.W.; Goldberg, J.; Smith, P.: Behavioural evaluation of workers exposed to mixtures of organic solvents. Br. J. Ind. Med. 42 (1985) 579-590
- McDougal, J.N.; Jepson, G.W.; Clewell, H.J.; Gargas, M.L.; Andersen, M.E.: Dermal absorption of organic chemical vapors in rats and humans. Fundam. Appl. Toxicol. 14 (1990) 299-308
- Merkblatt für den Umgang mit Reinigungs-, Pflege- und Desinfektionsmitteln. ZH 1/187, Berufsgenossenschaften der Bauwirtschaft, Ausgabe 9, 1996
- Mikkelsen, S.: A cohort study of disability pension and death among painters with special regard to disabling dementia as an occupational disease. Scand. J. Soc. Med. 16 (1980) 34-43
- Milby, T.H.: Chronic trichloroethylene intoxication. J Occup Med, 10:252-4 (1968)
- Mineralölwirtschaftsverband e. V. (MWW), Hamburg, 01/1997
- Moen, B.E.; Riise, T.; Todnem, K.; Fossan, G.O.: Seamen Exposed to Organic Solvents. A Cross-Sectional Study with Special Reference to the Nervous System. Acta Neurol. Scand. 78 (1988) 123-135
- Murata, K.; Araki, S.; Yokoyama, K.: Assessment of the peripheral, central, and autonomic nervous system function in styrene workers. Am J Ind Med, 20:775-784 (1991)
- Murata, K.; Araki, S.; Yokoyama, K.; Tanigawa, T.; Yamashita, K.; Okajima, F.; Sakai, T.; Matsunaga, C.; Suwa, K.: Cardiac autonomic dysfunction in rotogravure printers exposed to toluene in relation to peripheral nerve conduction. Ind Health, 31:79-90 (1993)
- Mutti, A.; Mazzucchi, A.; R.P.: Exposure-effect and exposure-response relationships between occupational exposure to styrene and neuropsychological functions. Am J Ind Med, 5:275-286 (1984)
- Nasterlack, M.; Frank, K.; Hacke, W.; Scherg, H.; Schmittner, H.; Stelzer, O.; Zimmer, A.; Triebig, G.: Die Heidelberger Malerstudie der ARGE Bau, Multidisziplinäre Querschnittsstudie zu Wirkungen berufstypischer Arbeitsstoffbelastungen auf die Gesundheit langjährig tätiger Maler. Arbeitsmed. Sozialmed. Umweltmed., Sonderheft 23 (1997)
- Ng, T.P.; Ong, S.G.; Lam, W.K.; Jones, G.M.: Neurobehavioural Effects of Industrial Mixed Solvent Exposure in Chinese Printing and Paint Workers. Neurotoxicol. Teratol. 12 (1990) 661-664
- NN: Bekanntmachung einer Empfehlung des Ärztlichen Sachverständigenbeirats - Sektion „Berufskrankheiten“: Polyneuropathie oder Enzephalopathie durch organische Lösungsmittel oder deren Gemische. Bundesarbeitsblatt 9 (1996) 44-49
- Olsen, J.; Sabroe, S.: A Case-Reference Study of Neuropsychiatric Disorders among Workers Exposed to Solvents in the Danish Wood and Furniture Industry. Scand. J. Soc. Med. Suppl. 16 (1980) 44-49
- Olson, B.A.: Effects of Organic Solvents on Behavioral Performance of Workers in the Paint Industry. Neurobehav. Toxicol. Teratol. 4 (1982) 703-708
- Ørbaek, P.; Risberg, J.; Rosen, I.; Haeger-Aronsen, B.; Hagstadius, S.; Hjortsberg, U.; Regnell, G.; Rehnström, S.; Svensson, K.; Welinder, H.: Effects of Long-Term Exposure to Solvents in the Paint Industry. Scand. J. Work Environ. Health 11, Suppl. 2 (1985) 1-28
- Ørbaek, P.; Lindgren, M.: Prospective clinical and psychometric investigation of patients with chronic toxic encephalopathy induced by solvents. Scand. J. Work. Environ. Health 14 (1988) 37
- Pflaumbaum, W.; Bock, W.; Willert, G.; Stückrath, M.; Blome, H.: BIA-Report 3/93, Arbeitsumweltdossier Benzol. 10/1993
- Repko, J.D.; Jones, P.D.; Garcia, L.S.; Schneider, E.J.; Roseman, E.; Corum, C.R.: Behavioral and neurobiological effects of methyl chloride (1976)
- Riala, R.; Kalliokoski, P.; Pyy, L.; Wickström, G.: Solvent Exposure in Construction and Maintenance Painting. Scand. J. Work Environ. Health 10 (1984) 263-266

Riise, T.; Moen, B.E.: A Nested Case-Control Study of Disability Pension among Seamen, with Special Reference to Neuropsychiatric Disorders and Exposure to Solvents. *Neuroepidemiology* 9 (1990) 88-94

Römpf-Chemielexikon, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 9. bzw. 10. Aufl. (1989-1992)

Roth, L.: Giftmonographien - Chlorierte Kohlenwasserstoffe, ecomed-Verlagsgesellschaft AG & Co. KGA, 1996

Rühl, R.; Kluger, N.: Handbuch Bau-Chemikalien, Ecomed Verlagsgesellschaft, Landsberg/Lech, 1995

Ruijten, M.W.; Verberk, M.M.; Salle, H.J.: Nerve function in workers with long term exposure to trichlorethene. *Br J Ind Med*, 48:87-92 (1991)

Ruijten, M.W.M.M.; Hooisma, J.; Brons, J.T.; Habets, C.E.P.; Emmen, H.H.; Muijser, H.: Neurobehavioral Effects of Long-term Exposure to Xylene and Mixed Organic Solvents in Shipyard Spray Painters. *Neurotoxicology* 15 (1994) 613-620

Sanagi, S.; Seki, Y.; Sugimoto, K.; Hirata, M.: Peripheral nervous system functions of workers exposed to n-hexane at a low

level. *Int Arch Occup Environ Health*, 47:69-79 (1980)

Scheid, W.: Lehrbuch der Neurologie 5. Auflage, Thieme, Stuttgart 489-495 und 957-961 (1983)

Seppäläinen, A.M.: Neurophysiological Aspects of the Toxicity of Organic Solvents. *Scand. J. Work Environ. Health* 11 (1985) 61-64

Seppäläinen, A.M.; Husman, K.; Martenson, C.: Neurophysiological effects of long-term exposure to a mixture of organic solvents. *Scand J Work Environ Health*, 4:304-14 (1978)

Stetkarova, I. Urban, P.; Prochazka, B.; Lukas, E.: Somatosensory evoked potentials in workers exposed to toluene and styrene. *Br J Ind Med*, 50:520-7 (1993)

Stewart, R.D.; Dodd, H.C.: Absorption of Carbon tetrachloride, trichloro-ethylene, tetrachloro-ethylene, methylene chloride and 1,1,1-trichloroethane through the human skin. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 25 (1964) 439-446

Struwe, G.; Wennberg, A.: Psychiatric and Neurological Symptoms in Workers Occupationally Exposed to Organic Solvents -

Results of a Differential Epidemiologic Study. *Acta Psychiat. Scand.* 67, Suppl. 303 (1983) 68-80

Susten, A.S.; Dames, B.L.; Burg, J.R.; Nie-meier, R.W.: Percutaneous penetration of benzene in hairless mice: an estimate of dermal absorption during tirebuilding operations. *Am. J. Ind. Med.* 7 (1985) 723-735

Triebig, G. (Ed.): Die Erlanger Spritzlackierer-Studie. Eine multidisziplinäre Querschnittsuntersuchung zur Neurotoxizität von organischen Lösemitteln bei Spritzlackierarbeiten, *Arbeitsmed. Sozialmed. Präventivmed.*, Sonderheft 13, Gentner Verlag, Stuttgart, 1989

Triebig, G. (Ed.): Erlanger Malerstudie. Multidisziplinäre Querschnittsuntersuchung zur Neurotoxizität von Lösemitteln in Farben und Lacken. *Arbeitsmed. Sozialmed. Präventivmed.* Sonderheft 9, Gentner Verlag, Stuttgart, 1986

Triebig, G.; Barocka, A.; Erbguth, F.; Höll, R.; Lang, C.; Lehl, S.; Rechlin, T.; Weidenhammer, W.; Wellte, D.: Neurotoxicity of solvent mixtures in spray painters. II. Neurologic, psychiatric, psychological, and neuroradiologic findings. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 64 (1992 b) 361-372

Triebig, G.; Claus, D.; Csuzda, I.; Druschky, K.F.; Holler, P.; Kinzel, W.; Lehl, S.; Reichwein, P.; Weidenhammer, W.; Weitbrecht, W.W.; Wellte, D.; Schaller, K.H.; Valentin, H.: Cross-sectional epidemiological study on neurotoxicity of solvent in paints and lacquers. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 60 (1988) 233-241

Triebig, G.; Schaller, K.H.; Wellte, D.: Neurotoxicity of solvent mixtures in spray painters. I. Study design, workplace exposure, and questionnaire. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 64 (1992 a) 353-359

Triebig, G.; Grobe, T.: Toxische Enzephalopathie durch chronische Lösungsmittelexposition als Berufskrankheit. *Arbeitsmed. Sozialmed. Präventivmed.* 22 (1987) 222-228

Tsai, S.Y.; Chen, J.D.: Neurobehavioral effects of occupational exposure to low-level styrene. *Neurotoxicol Teratol*, 18:463-9 (1996)

Tsuruta, H.: Skin absorption of organic solvent vapors in nude mice in vivo. *Ind. Health* 27 (1989) 37-47

Tsuruta, H.: Skin absorption of solvent mixtures. Effect of vehicles on skin absorption of toluene. *Ind. Health* 34 (1996) 369-378

Ullmanns Lexikon der technischen Chemie, Band 14, 4. neubearbeitete und erweiterte Auflage, 1983

Ursin, C.; Hansen, C.M.; Van Dyk, J.W.; Jensen, P.O.; Christensen, I. J.; Ebbelhoej, J.: Permeability of commercial solvents through living human skin. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 56 (1995) 651-660

Valentini, F.; Agnesi, P.; Dal-Vecchio, L.; Bartolucci, G.B.; De Rosa, E.: Doses n-heptane cause peripheral neurotoxicity? A case report in a shoemaker. Occup med Oxf, 44(2):102-4

van Vliet, C.; Swaen, G.M.H.; Meijers, J.M.M.; Slangen, J.; de Boorder, T.; Sturmans, F.: Prenarcotic and neuroaesthetic symptoms among Dutch workers exposed to organic solvents. Br. J. Ind. Med. 46 (1989) 586-590

VCI, Projektgruppe Kohlenwasserstofflösemittel im VCI: Systematik der Kohlenwasserstofflösemittel (KWL), Entwurf vom 18.06.1997, Dr. Klaus Kruse, Haltermann GmbH, Hamburg, 1997

Wang, S.; Karlsson, J.E.; Kyrklund, T.; Haglid, K.: Perchloroethylene-induced reduction in glial and neuronal cell marker proteins in rat brain. Pharmacol Toxicol, 72:273-8 (1993)

Weiss, G.: Toxic encephalosis in professional contact with methylene chloride. Toxische Enzephalose beim Umgang mit Methylenchlorid. Zentralbl Arbeitsmed, 17:282-5 (1967)

White, R. F.; Proctor, S.P.; Echeverria, D.; Schweikert, J.; Feldman, R.G.: Neurobehavioral Effects of Acute and Chronic Mixed-Solvent Exposure in the Screen Printing Industry. Am. J. Ind. Med. 28 (1995) 221-231

White, R.F.; Robins, T.G.; Proctor, S.; Echeverria, D.; Rocskay, A.S.: Neuropsychological Effects of Exposure to Naphtha among Automotive Workers. Occup. Environ. Med. 51 (1994) 102-112

WHO: Chronic Effects of Organic Solvents on the Central Nervous System and Diagnostic Criteria. WHO, Document 5, Copenhagen (1985)

Williamson, A.M.; Wynder, C.: A Prospective Cohort Study of the Chronic Effects of Solvent Exposure. Environ. Res. 62 (1993) 256-271

Woitowitz, H.J.; Knecht, U.: Abschlussbericht zum Projekt „Biological Monitoring Styrol-belasteter Arbeitnehmer“ für das Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht, Rheinland-Pfalz (o.J.)

Xu, H.; Zhang, X.; Xue, B.: Studies on comprehensive evaluation of toxic hazard in low-concentration benzene pollution. Chang Hua Yu Fang I Hsueh Tsa Chih, 29:264-6 (1995)

Yuasa, J.; Kishi, R.; Eguchi, T.; Harabuchi, Y.; Arata, Y.; Katakura, Y.; Imai, T.;

Matsumoto, H.; Yokoyama, H.; Miyake, H.: Study of urinary mandelic acid concentration and peripheral nerve conduction among styrene workers. Am J Ind Med, 30:41-7 (1996)

Zavon, M.R.: Methyl cellosolve intoxication. Am Ind Hyg Assoc J, 24:36-41 (1963) 6.3

Autoren

Allgemeines und Arbeitstechnischer Teil

Dr. H. Blome, St. Augustin
Dipl.-Geogr. W. Bock, St. Augustin
H.-G. Breuer, Köln
Dr. W. Huber, Heidelberg
K. Münch, Heidelberg
Dr. E. Nies, St. Augustin
Dr. R. Rühl, Frankfurt
Dipl.-Ing. G. Sonnenschein, Düsseldorf
Dr. R. Stamm, St. Augustin

Begutachtungsempfehlungen

Prof. Dr. med. H. Altenkirch, Berlin
Prof. Dr. med. Th. Grobe, Nürnberg
Prof. Dr. med. J. Konietzko, Mainz
Prof. Dr. rer. nat. A. Seeber, Dortmund
Prof. Dr. med. Dipl.-Chem. G. Triebig,
Heidelberg

Neurotoxische Schwellenwerte

Einzelstoffe:
Prof. Dr. med. J. Konietzko, Mainz

Gemische:
Prof. Dr. med. Dipl.-Chem. G. Triebig,
Heidelberg
Dr. rer. nat. M. Boder, Heidelberg

Beratend wirkten mit:

Prof. Dr. med. X. Baur, Bochum
Dipl.-Ing. U. Berns, St. Augustin
O. Blome, St. Augustin
Dipl.-Ing. H.-G. Breuer, Köln
Dipl.-Geo.-Ökol. H. Brüggemann,
St. Augustin
Dr. E. Cuno, Wiesbaden
Dr. D. Dahmann, Bochum
Dipl.-Chem. R. Van Gelder, St. Augustin
Dr. U. Goergens, Wuppertal
Dr. A. Kranig, St. Augustin
PD Dr. J. Milde, St. Augustin
Dr. L. Neumeister, Augsburg
Dr. med. R. Paur, Freiburg
Th. Schmidt, Frankfurt