



# Verhütung von Berufskrankheiten in pathologisch-anatomischen Instituten und histologischen Laboratorien

Marcel Jost, Martin Rüegger, Alois Gutzwiller,  
Bernard Liechti, Robert Wolf

Suva  
Schweizerische Unfallversicherungsanstalt  
Abteilung Arbeitsmedizin  
Postfach, 6002 Luzern

Für Auskünfte:  
Tel. 041 419 51 11  
e-Mail: [arbeitsmedizin@suva.ch](mailto:arbeitsmedizin@suva.ch)

Für Bestellungen:  
[www.suva.ch/waswo](http://www.suva.ch/waswo)  
Fax 041 419 59 17  
Tel. 041 419 58 51

### **Verhütung von Berufskrankheiten in pathologisch-anatomischen Instituten und histologischen Laboratorien**

Autoren: Dr. med. Marcel Jost, Abteilung Arbeitsmedizin, Suva Luzern  
Dr. med. Martin Rüegger, Abteilung Arbeitsmedizin, Suva Luzern  
Dr. phil. II Alois Gutzwiller, Abteilung Präventionsdienste, Suva Luzern  
Dr. med. Bernard Liechti, Abteilung Arbeitsmedizin, Suva Lausanne  
Dr. sc. nat. Robert Wolf, Abteilung Präventionsdienste, Suva Luzern

Nachdruck mit Quellenangabe gestattet.

1. Auflage – Dezember 1993

Überarbeitung – September 2003

2. Auflage – Dezember 2003 – 21'000 bis 28'000

**Bestellnummer: 2869/25.d**

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	<b>3</b>
<b>2. Gefährdung durch Arbeitsstoffe</b>	<b>5</b>
2.1 Formaldehyd	5
2.2 Organische Lösungsmittel	10
2.3 Desinfektionsmittel	15
2.4 Acrylsysteme	16
2.5 Osmiumtetroxid	17
2.6 Uranylacetat	18
2.7 Limonen	18
2.8 Aromatische Amine	20
2.9 Flüssiges Kohlendioxid	20
2.10 Immersionsöl	20
<b>3. Gefährdung durch Infektionserreger</b>	<b>22</b>
3.1 Blutübertragbare Infektionskrankheiten	22
3.2 Aerogen übertragbare Infektionskrankheiten	25
<b>4. Schutzziele und Hierarchie der Schutzmassnahmen</b>	<b>27</b>
4.1 Schutzziele	27
4.2 Hierarchie der Schutzmassnahmen	28
4.3 Beizug von Arbeitsärzten und anderen Spezialisten der Arbeitssicherheit	28
<b>5. Expositionen gegenüber Arbeitsstoffen – Erfahrungen aufgrund einer Messkampagne in der Schweiz</b>	<b>29</b>
5.1 Untersuchungsmethode	29
5.2 Ergebnisse	32

<b>6.</b>	<b>Technische, organisatorische und personenbezogene Schutzmassnahmen zur Verhütung von Berufskrankheiten</b>	<b>37</b>
6.1	Zuschneideraum/Exposition gegenüber Formaldehyd	37
6.2	Arbeiten mit nicht fixierten Gewebeproben	38
6.3	Histologielabor/Organische Lösungsmittel	41
6.4	Autopsieraum	42
6.5	Besondere Arbeitsplätze	48
6.6	Allgemeine Empfehlungen	50
<b>7.</b>	<b>Personalärztliche Massnahmen</b>	<b>51</b>
7.1	Eintrittsuntersuchungen	51
7.2	Weitere personalärztliche Untersuchungen	52
7.3	Schutzimpfungen	52
7.4	Personalärztliche Massnahmen nach Expositionen mit infektiösem Material	54
7.5	Beschäftigung von schwangeren Arbeitnehmerinnen	58
<b>8.</b>	<b>Versicherungsrechtliches</b>	<b>59</b>
<b>9.</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>61</b>
9.1	Gesetzliche Bestimmungen	61
9.2	Richtlinien und Empfehlungen	61
9.3	Auswahl weiterer Literatur	63

# 1. Einleitung

Das Personal pathologisch-anatomischer Institute und Histologielaboratorien ist durch seine Exposition gegenüber chemischen Arbeitsstoffen sowie Infektionserregern dem Risiko von Berufskrankheiten ausgesetzt. Chemische Arbeitsstoffe, welche zu Haut- und Atemwegserkrankungen sowie Intoxikationen führen können, sind vor allem Formaldehyd, organische Lösungsmittel sowie Desinfektions- und Reinigungsmittel. Vorsicht ist auch beim Umgang mit speziellen Arbeitsstoffen der histologischen, immunhistochemischen und elektronenmikroskopischen Technik geboten, wie beispielsweise Acrylaten oder Osmiumtetroxyd. Überdies können Infektionskrankheiten aerogen oder durch Stich- und Schnittverletzungen übertragen werden.

Aufgrund der Verordnung über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten (UVV) vom 19. Dezember 1983 beaufsichtigt die Suva die Anwendungen der Vorschriften über die Verhütung von Berufskrankheiten in allen Betrieben der Schweiz. Die Unfallverhütung im Gesundheitswesen hingegen obliegt den Durchführungsorganen des Arbeitsgesetzes (Kantonale Arbeitsinspektorate und seco). Diese Schrift ist 1993 nach Vernehmlassung bei der Schweizerischen Gesellschaft für Pathologie erstmals veröffentlicht worden. Sie verfolgte das Ziel, mögliche Gefährdungen durch chemische Arbeitsstoffe und Erreger von Infektionskrankheiten im Bereich pathologisch-anatomischer Institute aufzuzeigen, Schutzziele zu formulieren und technische, organisatorische sowie personenbezogene Massnahmen zur Verhütung von Berufskrankheiten vorzuschlagen.

In der Zwischenzeit sind neue rechtliche Grundlagen in Kraft getreten, wie das Bundesgesetz über den Allgemeinen Teil des Sozialversicherungsrechts (ATSG), die Verordnung über den Schutz der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer vor Gefährdung durch Mikroorganismen (SAMV), die Richtlinie 6508 der Eidgenössischen Koordinationskommission für Arbeitssicherheit (sogenannte Bezugsrichtlinie der EKAS), die Verordnung des EVD vom 20. März 2001 über gefährliche und beschwerliche Arbeiten bei Schwangerschaft und Mutterschaft (Mutterschutzverordnung), die neuen Bestimmungen der Verordnung 1 zum Arbeitsgesetz über den Sonderschutz von Frauen und die Verordnung vom 20. November 2002 über die Prävention der Creutzfeldt-

Jakob-Krankheit bei chirurgischen und medizinischen Eingriffen (CJKV). Ausserdem sind neue Erkenntnisse zu arbeitsmedizinischen Aspekten der Verhütung blutübertragbarer Infektionen und der Tuberkulose am Arbeitsplatz veröffentlicht worden. Im weiteren wurden einige Grenzwerte für Arbeitsstoffe, die in histologischen Laboratorien verwendet werden, herabgesetzt, beispielsweise derjenige für Formaldehyd von 0,5 auf 0,3 ppm.

All diese Neuerungen erforderten verschiedene Anpassungen des ursprünglichen Textes, welche in der nun in zweiter Auflage erscheinenden Publikation berücksichtigt sind.

## 2. Gefährdung durch Arbeitsstoffe

Die histologischen und immunhistochemischen Techniken haben sich in den letzten Jahren wenig geändert, wenn von der Entwicklung von Spezialfärbungen sowie der Elektronenmikroskopie abgesehen wird. Nach wie vor ist Formaldehyd in Form von Formalinlösung (wässrige Lösung mit Zusatz von Methanol zur Verhinderung einer Polymerisation in Paraformaldehyd) für die Fixierung von Geweben gebräuchlich. Eine Formaldehydexposition für das Personal besteht deshalb vor allem beim Auspacken, Zuschneiden und Einkapseln der Gewebeproben sowie beim Herstellen und Entsorgen der Gebrauchslösungen. Eine Exposition gegenüber organischen Lösungsmitteln (Ethanol, Xylol, Toluol und selten auch halogenierten organischen Lösungsmitteln) ist bei histologischen Arbeiten gegeben, nämlich bei der Dehydratisierung der Gewebe durch Ethanol, der Infiltration mit Lösungsmitteln (Xylol, Toluol), der Entparaffinierung, in geringem Masse bei der Gewebefärbung und schliesslich beim Eindecken der Schnitte. Im weiteren werden organische Lösungsmittel auch zum Reinigen paraffinverschmutzter Geräte verwendet. Eine mögliche Gefährdung besteht auch bei Spezialmethoden, namentlich beim Umgang mit Methacrylaten zur Herstellung von Kunststoffschnitten und mit Osmiumtetroxid sowie Uranylacetat für Spezialfärbungen. Schliesslich erfordert der Kontakt mit Reinigungs- und Desinfektionsmitteln im ganzen Arbeitsbereich Sorgfalt, um eine gesundheitliche Gefährdung zu vermeiden.

Im folgenden wird die Toxikologie der wichtigsten chemischen Arbeitsstoffe dargestellt.

### 2.1 Formaldehyd

Formaldehyd ist ein stechend riechendes, farbloses Gas, welches für den Anwendungszweck in pathologisch-anatomischen Instituten in einer 4- bis 8%igen wässrigen Formalinlösung, stabilisiert mit 5 bis 15 % Methanol, verwendet wird. Formaldehydgas kann mit Luft ein explosionsfähiges Gemisch bilden. Durch heisse Oberflächen, Funken oder offene Flammen kann es entzündet werden. Über 30%ige Formaldehydlösungen gelten als brenn-

bare Flüssigkeiten. Bei starker Erhitzung können sich explosionsfähige Gemische bilden.

Formaldehyd wirkt reizend auf Konjunktiven und Schleimhäute der oberen und unteren Atemwege. Durch die sensibilisierende Wirkung sind sowohl allergische Kontaktdermatitiden wie auch Fälle von Berufsasthma aufgetreten und beschrieben worden. In Tierversuchen mit Ratten konnten nach Exposition gegenüber hohen, weit über dem Grenzwert am Arbeitsplatz liegenden Konzentrationen, nicht nur Schleimhautentzündungen und Ulzerationen, sondern auch Plattenepithelkarzinome der Nasenschleimhaut beobachtet werden. Demgegenüber haben epidemiologische Untersuchungen für formaldehydexponierte Arbeitnehmer bisher kein konsistent erhöhtes Risiko für bösartige Tumore ergeben. Beim Personal in Histologielaboratorien sind Beschwerden und objektivierbare Einschränkungen von seiten des zentralen Nervensystems beschrieben worden, welche vorwiegend mit der Dauer und Intensität der Formaldehydexposition korrelierten. Im weiteren ist eine geringgradige Einschränkung der Lungenfunktion nach langdauernder Arbeit vermutet worden.

Der Grenzwert am Arbeitsplatz (max. Arbeitsplatzkonzentrationswert, MAK-Wert) beträgt 0,3 ppm (0,37 mg/m<sup>3</sup>) mit einem Kurzzeitgrenzwert von 0,6 ppm (0,74 mg/m<sup>3</sup>) während 4 x 15 Minuten pro Arbeitsschicht.

### **2.1.1 Akute Toxizität**

Gasförmiges Formaldehyd verursacht konzentrationsabhängig Reizerscheinungen an den Konjunktiven sowie den Schleimhäuten der oberen und unteren Atemwege. Bei rascher Erhöhung der Konzentration sind die Beschwerden stärker ausgeprägt. Bei längerdauernder Exposition tritt dagegen ein Gewöhnungseffekt ein. Die Schwelle des Geruchs sowie der toxisch-irritativen, akuten Reizwirkungen variiert interindividuell erheblich. So liegt die Geruchsschwelle zwischen 0,05 und 1,0 ppm. Bis zu 20 % der Bevölkerung empfindet Konzentrationen im Bereich von 0,25–0,5 ppm als beeinträchtigend. Bei besonders empfindlichen Leuten können sogar Expositionen in Konzentrationsbereichen unter 0,25 ppm zu Beschwerden führen; eine solch starke Empfindlichkeit kann bei etwa 10 % der Bevölkerung beobachtet werden. Die Reizschwelle für den Rachen/Larynx beträgt 0,5 ppm. Konzentrationen von 2 bis 3 ppm führen zu deutlichen Reizerscheinungen wie Stechen in der Nase und im Rachen. Bei Expositionen von 4 bis 5 ppm tritt zunehmend Tränenfluss und Unbehagen ein, und hohe Expositionen

zwischen 10 bis 20 ppm verursachen starken Hustenreiz und Atemnot. Expositionen über 30 ppm können schliesslich durch das Auftreten eines Lungenödems lebensgefährlich werden.

### **2.1.2 Sensibilisierende Wirkung**

Neben toxisch-irritativen Kontaktdermatitiden, welche vor allem bei Formalinlösungen mit über 2 % Formaldehydgehalt auftreten können, sind allergische Kontaktekzeme, bedingt durch eine Sensibilisierung vom Spättyp häufig beschrieben worden.

Während eine Zunahme bestehender asthmatischer Beschwerden bei Personen mit hyperreagiblem Bronchialsystem durch Inhalation geringer Konzentrationen von Formaldehyd gut bekannt ist, sind nur wenige Fälle von Berufsasthma mit nachgewiesener Sensibilisierung vom Soforttyp beschrieben worden (52). So zeigten sich in einer finnischen Untersuchung bei 230 formaldehydexponierten Asthmatikern lediglich deren 12, bei denen die spezifische inhalative Bronchoprovokationstestung positiv ausfiel, obwohl in rund 75 % dieser 230 Fälle eine unspezifische bronchiale Hyperreagibilität im Methacholin- oder Histamintest nachgewiesen werden konnte. Die Beendigung der Exposition hatte im allgemeinen eine günstige Wirkung auf den Verlauf (52).

### **2.1.3 Chronische Toxizität auf die Atemwege**

Chronische Bronchitiden und Lungenfunktionseinschränkungen durch langdauernde Exposition gegenüber Formaldehyd sind in wenigen Untersuchungen beschrieben worden. So sind bei Beschäftigten mit Exposition gegenüber Phenol-Formaldehydharzen und durchschnittlichen Konzentrationen zwischen 0,4 und 0,8 ppm (mit Maxima von 13 und mehr ppm) teilweise messbare Einschränkungen der Lungenfunktion und der Kohlenmonoxid-Diffusionskapazität beobachtet worden (43). Eine Untersuchung von 280 nichtrauchenden Histologielaborantinnen ergab für die jüngeren unter ihnen im Vergleich zur Referenzpopulation überdurchschnittliche Werte in der Lungenfunktionsprüfung, bei den 50jährigen waren sie hingegen eingeschränkt. Es wurde deshalb angenommen, dass Expositionen gegenüber Formaldehyd und allenfalls auch organischen Lösungsmitteln bei Histologielaborantinnen zu geringfügigen chronischen Lungenfunktionseinschränkungen führen können. Eine Beziehung zwischen Exposition und Peak-flow-rate während den täglichen Arbeitsschichten liess sich dagegen nicht nachweisen.

## 2.1.4 Chronische Toxizität auf das Nervensystem

Aufgrund von Untersuchungen bei Bewohnern von «Mobile homes», welche durch die dort verwendeten Baumaterialien gegenüber Formaldehyd exponiert gewesen waren, vermutete man, dass ein wiederholt feststellbares unspezifisches Krankheitsbild mit Kopfschmerzen, Reizbarkeit, Konzentrationsstörungen, Schwindel sowie vermehrter Müdigkeit auf Formaldehydimmissionen zurückzuführen sei. Neben diesen, zum Teil einem psychovegetativen Syndrom ähnelnden Beschwerden, waren häufig auch Nausea, Brechreiz und abdominale Schmerzen aufgetreten.

Symptome von seiten des Zentralnervensystems sowie Einbussen bei neuropsychologischen Funktionsprüfungen bei Histologielaborantinnen wurden von der Arbeitsgruppe von Kilburn eingehend abgeklärt.

In einer ersten Untersuchung (42) wurden 86 Histologielaborantinnen in Los Angeles mit 56 Mitarbeiterinnen des Administrativbereichs derselben Institutionen verglichen. Die Formaldehydexposition – meistens über 4 Stunden pro Tag – betrug 0,2 bis 2 ppm, diejenige gegenüber Xylol 3 bis 100 ppm und gegenüber Toluol 9 bis 12 ppm. Geprüft wurde, ob sich Symptome von seiten des Zentralnervensystemes finden liessen, nämlich Gedächtnisstörungen, Stimmungsschwankungen sowie Störungen von Schlaf, Gleichgewicht und anderen wie Kopfweg, Appetitlosigkeit und Nausea. Histologielaborantinnen hatten in allen 5 Bereichen signifikant häufiger Beschwerden; diese gingen parallel mit Reizerscheinungen der Konjunktiven sowie der oberen und unteren Atemwege. Hervorzuheben ist allerdings, dass die genannten Symptome bei längerdauernden und intensiveren Formaldehydexpositionen beobachtet wurden.

In einer zweiten Untersuchung (44) unterzog man 307 Histologielaborantinnen mit einer durchschnittlichen Expositionsdauer von 17 Jahren einer Reihe von neuropsychologischen Tests. Dabei war die Leistung in verschiedenen Bereichen (unter anderem Kurzzeitgedächtnis) umgekehrt mit der täglichen Dauer der Formaldehydexposition korreliert. Demgegenüber fand sich keine Beziehung zwischen Testergebnissen und der Konzentration organischer Lösungsmittel in der Raumluft.

## 2.1.5 Karzinogene Wirkung

In Tierversuchen bei hohen Expositionen von rund 6 und 14 ppm konnten bei Ratten chronische Entzündungen, Ulzerationen, herdförmig oder papillär wachsende Hyperplasien und vermehrt Plattenepithelkarzinome im Bereich der Nasenhöhlen beobachtet werden. Lag die Exposition bei 6 ppm, traten Plattenepithelkarzinome selten auf, bei 14 ppm dagegen häufig. Bei Mäusen liessen sich nur in der höchsten Dosisgruppe von 14 ppm vereinzelt Plattenepithelkarzinome im Bereich der Nasenhöhle nachweisen; dieser Befund war jedoch statistisch nicht signifikant.

Aus den derzeit bekannten epidemiologischen Untersuchungen beim Menschen kann keine konsistente Assoziation zwischen beruflicher Formaldehydexposition und Tumoren der unteren Atemwege abgeleitet werden. Die Studien, welche die Beziehungen zwischen Formaldehydexposition und Tumoren der oberen Atemwege untersuchten, haben widersprüchliche Ergebnisse gezeigt (27, 38). Während das Risiko für nasopharyngeale Tumoren in einigen Untersuchungen erhöht war, konnte für Tumoren der Nasenhöhlen, Nasennebenhöhlen und des Oropharynx und Larynx im Allgemeinen bei formaldehydexponierten Beschäftigten kein erhöhtes Tumorrisiko beobachtet werden (27). Eine Untersuchung an britischen Pathologen mit Formaldehydexposition zeigte ein geringgradiges, jedoch nicht signifikant erhöhtes Risiko für lymphatische und hämatopoetische maligne Neoplasien (33).

Obschon sich aus epidemiologischen Untersuchungen keine klaren Hinweise für die Entstehung von Tumoren der unteren Atemwege ableiten lassen und die Verursachung von Nasopharynx Tumoren fraglich ist, bleibt aufgrund der nachgewiesenen Genotoxizität von Formaldehyd und seiner Induktion von Plattenepithelkarzinomen bei Ratten der Verdacht auf ein krebsauslösendes Potential bestehen. Die nur bei sehr hohen Expositionen eindeutig nachweisbare karzinogene Wirkung von Formaldehyd (entsprechend dem über 30-fachen Grenzwert am Arbeitsplatz) lässt sich dabei in dem Sinne interpretieren, dass seine eigentliche tumorinduzierende Wirkung gering ist und vor allem der zytotoxische Effekt hoher Konzentrationen im Sinne einer Tumorpromotion entscheidend ist (55). Die International Agency for Research on Cancer (IARC) der WHO hat anlässlich ihrer letzten Bewertung festgehalten, dass im Tierversuch genügend Evidenz für eine karzinogene Wirkung von Formaldehyd bestehe, dass aber die Evidenz für eine karzinogene Wirkung von Formaldehyd aus epidemiologischen Untersuchungen am Menschen begrenzt sei («There is limited evidence in humans for the carcinogenicity of formaldehyde») (38).

## 2.2. Organische Lösungsmittel

Organische Lösungsmittel werden in Histologielaboratorien zur Entwässerung der Gewebeproben, zur Infiltration mit fettlöslichen Stoffen, zur Entparaffinierung, zum Färbevorgang, zum Eindecken der Schnittpräparate sowie zum Reinigen verschmutzter Geräte verwendet. Die gebräuchlichsten Verbindungen sind Ethanol und Xylol. Wie die Erfahrungen anlässlich einer Messkampagne gezeigt haben, werden in der Schweiz vereinzelt auch andere organische Lösungsmittel wie Toluol, Isopropanol und Tetrahydrofuran (THF) verwendet.

### 2.2.1 Xylol

Xyloldämpfe werden vorwiegend über die Atemwege aufgenommen, wobei der Organismus 60 bis 70 % davon zurückhält. Flüssiges Xylol kann aber auch durch die intakte Haut resorbiert werden; so wird beispielsweise beim Eintauchen beider Hände in Xylol gleichviel Substanz in den Organismus aufgenommen wie bei einer Raumluftexposition von 100 ppm (entsprechend dem Grenzwert am Arbeitsplatz). Weniger als 5 % des Xylols werden unverändert abgeatmet, der Rest wird in der Leber metabolisiert und als Methylhippursäure im Urin ausgeschieden.

Xylol führt bei Expositionen deutlich über 100 ppm (Grenzwert am Arbeitsplatz) zu Nausea, Erbrechen, Anorexie, Kopfschmerzen, Müdigkeit und Gangunsicherheit; bei sehr hohen Konzentrationen können, wie bei allen organischen Lösungsmitteln, praenarkotische Symptome, Bewusstlosigkeit und Atemstillstand auftreten. Neuropsychologische Untersuchungen haben bereits bei Expositionen ab etwa 100 ppm Einschränkungen ergeben, während bei Expositionen zwischen 100 und 300 ppm objektivierbare Störungen im Bereich des Vestibularorganes beobachtet wurden. Durch die toxisch-irritative Wirkung an Konjunktiven und Schleimhäuten der oberen und unteren Atemwege können bei Konzentrationen über etwa 200 ppm entsprechende Beschwerden auftreten, und intensiver Hautkontakt kann eine toxische Dermatitis oder eine Abnützungsdermatose verursachen. Nach langdauernder, deutlich über dem Grenzwert am Arbeitsplatz liegender Exposition gegenüber Xylol, sind zum Teil Transaminasenerhöhungen, eine Proteinurie sowie eine leichte Knochenmarksdepression (Anämie, Leukopenie) beschrieben worden.

Der maximale Arbeitsplatzkonzentrationswert (MAK-Wert) von Xylol (alle Isomeren) beträgt 100 ppm (435 mg/m<sup>3</sup>). Als Kurzzeitgrenzwert darf 200 ppm (870 mg/m<sup>3</sup>) viermal pro Arbeitsschicht während 15 Minuten nicht überschritten werden. Zur Beurteilung der inneren Belastung im Rahmen des Biologischen Monitoring kann am Ende der Arbeitsschicht nach mehreren Arbeitstagen Methylhippursäure im Urin bestimmt werden. Der biologische Arbeitsstoff-Toleranzwert (BAT-Wert) beträgt 1,5 g/g Kreatinin (0,874 mmol/mmol Kreatinin). Der Biologische Arbeitsstoff-Toleranzwert für Xylol im Blut, ebenfalls am Ende der Arbeitsschicht gemessen, beträgt 1,5 mg/l.

Technisches Xylol enthält auch das die gleiche Summenformel aufweisende Ethylbenzol, welches bei Xylolmessungen mitberücksichtigt wird.

### **2.2.2 Ethanol**

Die Geruchsschwelle von Ethanol liegt üblicherweise um 1'000 ppm. Reizerscheinungen von Seiten der Konjunktiven und der Schleimhäute der oberen oder unteren Atemwege werden im Allgemeinen bei Expositionen bis zu 5'000 ppm nicht beobachtet. Auch neuere Untersuchungen zeigen, dass bei Expositionen bis zu 1'000 ppm keine systemischen Wirkungen durch die Ethanolexposition verursacht werden.

Aufgrund seiner entfettenden Wirkung kann Ethanol an der Haut zu toxisch-irritativen Kontaktdermatitiden führen. In der Literatur sind auch Einzelfälle von allergischer Kontaktdermatitis bekannt geworden, bei denen in der Epikutantestung Ethanol als verursachender Stoff identifiziert werden konnte.

Für die nach langjährigem starkem Alkoholkonsum beobachteten bösartigen Tumoren im Mund-/Rachenraum, am Kehlkopf und im Oesophagus wird die Biotransformation in das genotoxische Acetaldehyd und weitere genotoxische radikale Verbindungen verantwortlich gemacht.

Der Grenzwert für eine inhalative Belastung gegenüber Ethanol ist auf 500 ppm (960 mg/m<sup>3</sup>) festgesetzt, da damit die durchschnittliche berufsbedingte Lebenszeitbelastung innerhalb der Standardabweichung der endogenen Ethanolbelastung liegt. Man kann deshalb davon ausgehen, dass Expositionen bis zu 500 ppm keinen wesentlichen Beitrag zum Krebsrisiko von Arbeitnehmenden darstellen. Bei einer Exposition im Bereich des Grenzwertes von 500 ppm resultiert eine Blutethanolkonzentration von rund 2 µg/l; diese liegt weit unterhalb der Schwelle für zentralnervöse Effekte von rund 200 µg/l. Der Kurzzeit-Grenzwert von Ethanol beträgt 1'000 ppm (1'920 mg/m<sup>3</sup>), mit einer zeitlichen Begrenzung von 4 x 15 Minuten pro Arbeitsschicht.

Ethanol ist leicht brennbar (Flammpunkt 12 ° C). Ethanoldämpfe können mit Luft zündfähige Gemische bilden.

### 2.2.3 Methanol

Methanol ist eine farblose Flüssigkeit, welche in der Pathologie vor allem als Stabilisierungsmittel von Formaldehydlösungen verwendet wird. Methanol wird inhalativ, oral und dermal gut resorbiert. Bei inhalativer Exposition beträgt die pulmonale Retention zwischen 50 und 60 %. Die Resorptionsrate über die Haut wurde mit knapp unter 0,2 mg/cm<sup>2</sup>/min angegeben. Das Eintauchen einer Hand in flüssiges Methanol während 15 Minuten führt zu einem Methanol-Blutspiegel, wie er nach Exposition gegenüber 400 ppm (2-facher Grenzwert) über eine Arbeitsschicht resultiert. Methanol wird durch die Alkoholdehydrogenase zu Formaldehyd metabolisiert. Dieses wiederum wird über mehrere Schritte unter anderem zu Ameisensäure und Formiat umgewandelt. Die Formiatakkumulation im Blut führt zur metabolischen Azidose und Toxizität am Nervus opticus. Intoxikationen sind vor allem nach irrtümlicher oraler Aufnahme von Methanol beschrieben worden. Typischerweise treten nach 12 bis 48 Stunden Nausea, Abdominalschmerzen, Kopfweg und Atemnot auf; bei schwereren Intoxikationen stehen Sehstörungen bis zur Blindheit im Vordergrund. Die akute Methanolintoxikation geht mit einer metabolischen Azidose einher.

Bei beruflicher Exposition mit Aufnahme über die Atemwege sind bei Konzentrationen über 200 ppm Beschwerden wie Kopfweg und Schwindelgefühl beschrieben worden. In anderen Arbeitsplatzsituationen wurden bei Expositionen zwischen rund 200 und 1'000 ppm noch keine Beschwerden beobachtet. Sehstörungen traten erst bei Konzentrationen über 1'200 ppm auf. Auch kann Methanol bei wiederholtem oder langem Hautkontakt zu einer toxisch-irritativen Kontaktdermatitis führen.

Der Grenzwert am Arbeitsplatz (MAK-Wert) für Methanol beträgt 200 ppm (260 mg/m<sup>3</sup>) mit einem Kurzzeit-Grenzwert von 800 ppm (1'040 mg/m<sup>3</sup>), begrenzt auf 4 x 15 Minuten pro Arbeitsschicht. Zu beachten ist, dass Methanol auch über die Haut aufgenommen werden kann. Zur Beurteilung der inneren Belastung und damit auch einer allfälligen zusätzlichen dermalen Resorption von Methanol eignet sich das Biologische Monitoring mit Bestimmung von Methanol im Urin am Ende der Arbeitsschicht nach mehreren Arbeitstagen. Der Biologische Arbeitsstoff-Toleranzwert (BAT-Wert) beträgt für Methanol im Urin 30 mg/l.

Methanol ist leicht brennbar (Flammpunkt 11° C). Methanoldämpfe können deshalb mit Luft zündfähige Gemische bilden.

#### **2.2.4 Isopropanol (2-Propanol)**

Isopropanol ist eine farblose Flüssigkeit. Systemische Intoxikationen mit Aufnahme über die Atemwege bei beruflicher Exposition sind bisher nicht beschrieben worden. Die Geruchsschwelle liegt zwischen 40 und 200 ppm. Isopropanol hat einen reizenden Effekt auf Konjunktiven und Schleimhäute der oberen und unteren Atemwege, welcher im allgemeinen ab 400 ppm in Erscheinung tritt. Auch kann Isopropanol bei längerdauerndem Hautkontakt zu einer toxisch-irritativen Kontaktdermatitis führen und wie andere Alkohole zentralnervöse Wirkungen entfalten. Bei Einhalten des Grenzwertes am Arbeitsplatz sind jedoch kaum Effekte am Zentralnervensystem zu erwarten.

Bei Arbeitnehmenden, die in der Herstellung von Isopropanol tätig waren, wurden vermehrt Nasennebenhöhlenkarzinome festgestellt; weitere Untersuchungen haben ergeben, dass nicht Isopropanol die karzinogene Substanz war, sondern stark saure Aerosole, welche bei der Herstellung von Isopropanol aufgetreten waren. Isopropanol wird deshalb nicht als Karzinogen angesehen.

Der Grenzwert am Arbeitsplatz (MAK-Wert) von Isopropanol beträgt 200 ppm (500 mg/m<sup>3</sup>), der Kurzzeitgrenzwert 400 ppm (1'000 mg/m<sup>3</sup>), 4 x 15 Minuten pro Arbeitsschicht. Für das Biologische Monitoring zur Beurteilung der inneren Belastung gegenüber Isopropanol ist die Bestimmung des Metaboliten Aceton im Urin vorgeschlagen worden. Ein Biologischer Arbeitsstoff-Toleranzwert (BAT-Wert) ist bisher nicht festgelegt worden.

Isopropanol ist leicht brennbar (Flammpunkt 12 ° C). Isopropanoldämpfe können deshalb mit Luft zündfähige Gemische bilden.

### 2.2.5 Lösungsmittelgemische

Kurzzeitige, starke Expositionen gegenüber Lösungsmittelgemischen können zu Beginn vegetative Störungen wie Nausea, Erbrechen, Hitzegefühl, Herzklopfen, orthostatische Symptome, flüchtige Parästhesien und Schleimhautreizungen auslösen. Bei hohen Expositionen tritt eine zunehmend narkotisierende Wirkung in den Vordergrund, welche zu Schwindel, Benommenheit, Erregungszuständen, Rausch, Narkose und Atemstillstand führen kann. Gewisse Lösungsmittel wie Tetrachlorkohlenstoff oder Tetrachlorethan können auch zu toxischen Hepatopathien führen, andere wie Ethylenglykol, Diethylenglykol oder Tetrachlorkohlenstoff zu renalen Schädigungen in Form toxischer tubulärer Nephropathien. Im weiteren sind bei Expositionen gegenüber Trichlorethen schwere Herzrhythmusstörungen durch Sensibilisierung des Myokards gegenüber Katecholaminen beobachtet worden.

Eine in der Regel mehr als 10 Jahre dauernde Exposition gegenüber Lösungsmitteln in Konzentrationen deutlich über den heute geltenden Grenzwerten am Arbeitsplatz kann zu einer toxischen Encephalopathie führen. Die leichte Form (Stadium I) äussert sich in einem pseudoneurasthenischen Syndrom mit erhöhter Ermüdbarkeit, Abgespanntheit, Reizbarkeit, Schlafstörungen und Konzentrationsschwäche; nach Expositionsende sind die Beschwerden rasch reversibel. Im mittelschweren Stadium II können Antriebsstörungen, Stimmungsschwankungen, Störungen des Gedächtnisses sowie der Lernkapazität hinzukommen. Nach Beendigung der Exposition sind die Beschwerden und objektivierbaren Einschränkungen im allgemeinen nur zum Teil rückbildungsfähig. Das schwere Stadium III mit Übergang in die Demenz wird aufgrund neuerer Untersuchungen bei beruflicher Exposition gegenüber organischen Lösungsmitteln nicht beobachtet, sondern lediglich nach Lösungsmittelabusus.

Neben der toxischen Encephalopathie sind nach Exposition gegenüber gewissen Lösungsmitteln, wie n-Hexan und Methylbutylketon, auch sensomotorische Polyneuropathien beobachtet worden. Von den in Histologielaboratorien verwendeten Lösungsmitteln sind auch Effekte wie die zerebelläre Atrophie (Toluol), Trigemminusneuropathien und Hirnstammsyndrome (Trichlorethen, eventuell nur technisches Trichlorethen) zu erwähnen.

Zur Beurteilung von Lösungsmittelgemischen in der Luft kann als Grundlage folgende Formel verwendet werden:

$$\frac{C_1}{MAK_1} + \frac{C_2}{MAK_2} + \frac{C_3}{MAK_3} + \dots + \frac{C_i}{MAK_i} \leq 1$$

Übersteigt dabei die Summe der MAK-Wert-Anteile der einzelnen Komponenten den Wert 1, muss deren Gesamtkonzentration durch geeignete Massnahmen soweit gesenkt werden, dass der Summenindex 1 mit Sicherheit unterschritten wird.

### 2.3 Desinfektionsmittel

Für die Desinfektion von Gegenständen, Instrumenten, Geräten und Flächen eines Raumes werden meistens chemische Verfahren angewandt. Zu den verwendeten Wirkstoffen gehören Aldehyde (Formaldehyd, Glutaraldehyd, Glyoxal), sauerstoffaktive Verbindungen, Alkohole, Phenole, Amphotere, quartäre Ammoniumverbindungen sowie Biguanide.

Die Arbeiten mit Desinfektionsmitteln können unerwünschte Nebenwirkungen mit sich bringen, indem durch ihre reizende und entfettende Wirkung akute toxisch-irritative und subtoxisch-kumulative Kontaktdermatitiden der Haut entstehen können. Bekannt sind zudem allergische Kontaktekzeme. Dämpfe und Aerosole von Desinfektionsmitteln können reizend auf die oberen und unteren Atemwege wirken. Sensibilisierende Inhaltsstoffe, vor allem Formaldehyd und Glutaraldehyd, können allergisch bedingte Atemwegserkrankungen auslösen. Reizerscheinungen können auch an den Augenbindehäuten auftreten.

Wie andere Arbeitsstoffe sind auch Wirkstoffe von Desinfektionsmitteln bezüglich ihrer krebserzeugenden Wirkung geprüft worden. Ein entsprechender Verdacht besteht dabei für Formaldehyd; es wird auf den entsprechenden Abschnitt verwiesen.

Über den Umgang mit Desinfektionsmitteln orientiert die Publikation der Suva «Verhütung gesundheitlicher Gefahren bei der Desinfektion in Spital und Praxis» (17).

## **2.4 Acrylsysteme**

Für die Herstellung von Kunststoffschnitten wird das Gewebe in ein Methacrylat-Copolymerisat eingebettet. Zur Copolymerisation dient Methacrylsäuremethylester und ein wasserlösliches Acrylderivat. Die Co-Komponente wird so ausgewählt, dass das Gemisch unter Zusatz eines Initiators, z. B. Dibenzoylperoxid oder anderen Peroxiden, bei 35 ° C so polymerisiert werden kann, dass das Einbettgut nicht verändert wird.

### **2.4.1 Methylmethacrylat**

Methylmethacrylat-Monomer (MMA) ist eine klare Flüssigkeit mit durchdringendem Geruch, dessen Schwelle unter 1 ppm liegt.

MMA wirkt toxisch-irritativ auf Konjunktiven und Atemwegsschleimhäute. Diese Effekte sind kurzdauernd und rasch reversibel; bei längerdauernder Exposition tritt ein Gewöhnungseffekt ein. Vereinzelt sind Fälle von allergischem Asthma bronchiale beschrieben worden, die durch spezifische inhalative Bronchoprovokationstestungen belegt werden konnten. Toxisch-irritative und allergische Kontaktdermatitiden bei Hautkontakt mit MMA enthaltenden Lösungen sind ebenfalls bekannt. Zu beachten ist, dass MMA Schutzhandschuhe aus verschiedensten Materialien, u. a. Latex, rasch penetrieren kann. Bei möglichen Kontakten zu MMA sind deshalb spezielle Schutzhandschuhe zu verwenden. Sicherer Schutz bieten Folienhandschuhe, allenfalls auch Nitrilhandschuhe. Bei Arbeitnehmenden mit direkten Hautkontakten zu MMA sind Zeichen einer lokalen Neurotoxizität mit eingeschränkter Leitungsgeschwindigkeit distaler sensorischer Nerven beschrieben worden; klinisch äussert sich die Symptomatik in Parästhesien im Bereich der Fingerkuppen.

Hinweise für einen karzinogenen Effekt von MMA liegen im Tierversuch nicht vor; hingegen wurden in bestimmten Testsystemen Chromosomen-Aberrationen und die Induktion von Schwesterchromatidaustauschen als Hinweis auf einen genotoxischen Effekt beobachtet.

Der MAK-Wert beträgt 50 ppm (210 mg/m<sup>3</sup>), mit einem Kurzzeitwert von 100 ppm (420 mg/m<sup>3</sup>) während höchstens 4 x 15 Minuten pro Arbeitsschicht.

## 2.4.2 Peroxide

Dibenzoylperoxid und andere Peroxide werden als Initiatoren in Acrylat-systemen verwendet. Organische Peroxide haben eine toxisch-irritative und ätzende Wirkung auf Haut, Konjunktiven und Schleimhäute der Atemwege. Die toxisch-irritative Wirkung ist jedoch sehr unterschiedlich ausgeprägt. Dibenzoylperoxid beispielsweise hat nur eine sehr schwache Reizwirkung auf Haut und Schleimhäute, wie auch beim di-tertiären Butylperoxid oder Dilauroylperoxid. Der Grenzwert (MAK-Wert) ist für Dibenzoylperoxid mit  $5 \text{ mg/m}^3$  (Kurzzeitgrenzwert  $5 \text{ mg/m}^3$ , gemessen über 15 Minuten pro Arbeitsschicht) deshalb eher hoch angesetzt.

Eine mässige Reizwirkung entfalten tertiäres Butylhydroperoxid sowie tertiäres Butylperacetat, eine starke dagegen Cumolhydroperoxid, Methylethylketonperoxid, Cyclohexanonperoxidgemische, Dicyclohexylperoxid, Diacetylperoxid und Peressigsäure. Bei den stärker reizenden Peroxiden können bereits in starker Verdünnung und bei Auftreten kleinster Mengen tiefgreifende Hautnekrosen oder Kornealnekrosen entstehen. Sensibilisierungen gegenüber organischen Peroxiden sind beobachtet worden. Die Gefahr einer resorptiven Wirkung ist in der Praxis hingegen gering.

## 2.5 Osmiumtetroxid

Osmiumtetroxid ist ein nicht brennbares, farbloses bis schwach gelbliches, festes Oxid mit unangenehmem, chlorähnlichem Geruch. Das Oxid ist in Wasser, Alkohol und Ether molekular löslich. Die wässrigen Lösungen sind vergleichbar mit Lösungen von Kohlendioxid. Entsprechend dem Dampfdruck von Osmiumtetroxid in Wasser ist der Geruch aber bei solchen Lösungen gut wahrnehmbar. Osmiumtetroxid wird vor allem für Spezialfärbungen in der Histologie sowie in der elektronenmikroskopischen Technik verwendet.

Beim Umgang mit Osmiumtetroxid sind durch die toxisch-irritative Wirkung Reizungen der Konjunktiven sowie der Atemwegsschleimhäute beschrieben worden, und von seiten der Augen sind Haloeffekte bekannt. Die Beschwerden können nach Ende der Exposition mehrere Stunden lang andauern. Eine systemische Toxizität ist dagegen bei beruflicher Exposition gegenüber Osmiumtetroxid nicht bekannt geworden. Ebenso fehlen Hinweise für einen karzinogenen Effekt oder einen ungünstigen Schwangerschaftsverlauf bei gleichzeitiger Exposition.

Der Maximale Arbeitsplatz-Konzentrationswert (MAK-Wert) beträgt 0,0002 ppm (0,002 mg/m<sup>3</sup>). Dieser Wert ist als Kurzzeitgrenzwert auch bei Messungen während 15 Minuten über die ganze Arbeitsschicht einzuhalten.

## 2.6 Uranylacetat

Uranylacetat wird in der elektronenmikroskopischen Technik verwendet. Uranylacetat wird aus Uran-VI-Oxid hergestellt. Formal leiten sich die Uranylverbindungen von der Uransäure ab, welcher amphoterer Charakter zukommt, d. h. es können sowohl Uranylverbindungen wie auch Uranate gebildet werden. Dementsprechend gehen Uranate und Uranylsalze leicht ineinander über. Dadurch ist auch die begrenzte Haltbarkeit von wässrigen Uranylacetat-Lösungen erklärbar.

Uranylacetat enthält das natürliche Uran mit den Isotopen U-234 (0,0058 %), U-235 (0,720 %) und U-238 (99,275 %). Daraus leitet sich auch das Atomgewicht von natürlichem Uran mit 238,03 ab. Bedingt durch die langen Halbwertszeiten aller drei Isotope ist die Radioaktivität entsprechend gering. Sie beträgt z. B. für 100 ml einer 0,5%igen Uranylacetat-Lösung (0,5 g/100 ml) rund 7'300 Bq (1 Bq = 1 Becquerel = 1 Zerfall pro Sekunde).

Der Maximale Arbeitsplatz-Konzentrationswert (MAK) beträgt 0,2 mg/m<sup>3</sup>.

## 2.7 Limonen

Als Ersatzstoff für organische Lösungsmittel wird in der Histologietechnik auch Limonen eingesetzt. Limonen (4-Isopropenyl-1-methyl-1-cyclohexen) ist eine nach Zitronen riechende Flüssigkeit und gehört zu den Monoterpenen. Limonen wird durch die Atemwege sowie aufgrund der Lipophilie sehr gut durch die Haut aufgenommen, und es wird rasch, vor allem nach Glukuronierung, über die Nieren ausgeschieden.

Bei oraler Aufnahme von Limonen tritt eine gesteigerte Aktivität des Gastrointestinaltraktes auf mit Diarrhoen und Tenesmen, gelegentlich Nausea und Erbrechen. Limonen kann auch eine toxisch-irritative Wirkung auf die Haut entfalten. Für weitere Monoterpene, insbesondere Pinene, ist eine sensibilisierende Wirkung bekannt. Unklar ist, ob auch Limonen Sensibilisierungen

verursacht oder ob Verunreinigungen resp. Oxidationsprodukte primär für eine sensibilisierende Wirkung verantwortlich sind.

Über eine chronische Toxizität beim Menschen liegen wenig Erfahrungen vor. Eine Untersuchung des Instituts für Hygiene und Arbeitsphysiologie der ETH hat sich mit der Wirkung von d-Limonen auf das Nervensystem befasst. Junge Probanden wurden während 8 Stunden in einer Expositions-kammer bei den höchsten an Maler-arbeitsplätzen gemessenen Limonen-Konzentrationen, nämlich 150 ppm, exponiert und mit einer Kontrollgruppe mit maximal 10 ppm d-Limonen-Exposition verglichen. Signifikante Effekte auf das Nervensystem wurden nicht festgestellt. Tendenziell wiesen die gegenüber 150 ppm exponierten Probanden jedoch eine Beeinträchtigung der Gedächtnisleistung, eine Verminderung der Hand-Augen-Koordination sowie eine missmutigere Stimmung auf. Augenbindehautreizungen sowie eine leichte Einschränkung der Lungenfunktion wurden ebenfalls beobachtet. Die Autoren haben deshalb empfohlen, einen allfälligen Grenzwert am Arbeitsplatz deutlich unterhalb der Konzentration von 150 ppm festzulegen.

Diskutiert wird ein karzinogener Effekt von Limonen. Tests auf eine genotoxische Wirkung von d-Limonen (eines der optisch aktiven Isomere) sind negativ verlaufen (Ames-Test, Chromosomenaberrationen, Schwesterchromatidaustausch). Im Tierversuch fanden sich bei männlichen Ratten nach 2-jähriger Exposition gehäuft tubuläre Zellhyperplasien und Neoplasien (Adenome und Adenokarzinome), die als Alpha-II $\mu$ -G-Nephropathie interpretiert wurden. Diese Alpha-II $\mu$ -G-Nephropathie wird auch bei Expositionen gegenüber anderen Stoffen hervorgerufen, wie etwa gegenüber 1,4-Dichlorbenzol, Isophoron oder 2,2,4-Trimethylpentan. Sie tritt jedoch ausschliesslich bei männlichen Ratten, nicht aber bei weiblichen oder bei Mäusen auf. Da beim Menschen ein Protein analog dem Alpha-II $\mu$ -G sehr wahrscheinlich nicht in ausreichendem Masse gebildet wird, dürfte diese vermehrte Tumor-induktion für ihn nicht relevant sein.

Da bisher kein wissenschaftlich begründeter Grenzwert für d-Limonen festgelegt werden kann, fehlt ein solcher nicht nur in der Schweizer Grenzwertliste, sondern auch in derjenigen der deutschen Forschungsgemeinschaft, in der TRGS 900 sowie in der Liste der Grenzwerte der American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Aufgrund der bisherigen Literatur, unter anderem den Arbeiten des Institutes für Hygiene und Arbeitsphysiologie der ETH Zürich, sind d-Limonen-Konzentrationen unter 150 ppm am Arbeitsplatz anzustreben.

## 2.8 Aromatische Amine

Für immunohistochemische Untersuchungen werden zum Teil aromatische Amine als chromogene Substrate verwendet.

Für 3,3'-Diaminobenzidin (DAB) und sein Tetrahydrochlorid liegen zur akuten und chronischen Toxizität beim Menschen keine Untersuchungen vor. In vitro konnte eindeutig eine Genotoxizität nachgewiesen werden. Tierversuche bei Ratten und Mäusen ergaben keine Hinweise für eine karzinogene Wirkung. Aufgrund der eindeutigen Genotoxizität in vitro, der Ergebnisse der Tierversuche und der strukturellen Ähnlichkeit mit anderen karzinogenen aromatischen Aminen ist 3,3'-Diaminobenzidin und sein Tetrahydrochlorid in der Grenzwertliste als karzinogene Substanz eingestuft worden. Der MAK-Wert beträgt 0,003 ppm (0,03 mg/m<sup>3</sup>).

3-Amino-9-Ethylcarbazol hat im Tierversuch eine karzinogene Wirkung. Bei der Maus konnten nach Exposition mit dem Stoff vermehrt Lebertumoren nachgewiesen werden, bei Ratten maligne Tumoren in verschiedenen Geweben (Haut, Leber, Uterus). Beim Menschen liegen bisher keine Berichte über eine akute oder chronische Toxizität vor. Ein MAK-Wert ist bisher nicht festgelegt worden.

## 2.9 Flüssiges Kohlendioxid

Unfixiertes Gewebe wird mit flüssigem Kohlendioxid für Gefrierschnitte präpariert. Bei diesem Verfahren kann in Bodennähe ein Sauerstoffmangel auftreten. Eine den Verhältnissen angepasste Lüftung ist daher notwendig. Der Grenzwert am Arbeitsplatz beträgt 5'000 ppm (9'000 mg/m<sup>3</sup>).

## 2.10 Immersionsöl

Seit 1997 sind mehrere Fälle von beruflichen Kontaktekzemen bei Arbeitnehmenden, die ein neues Immersionsöl verwendet haben, beschrieben worden (48). Die Abklärung ergab, dass das allergische Kontaktekzem durch Epoxidharze, die der neuen Formulierung des Immersionsöles beige-mischt wurden, verursacht worden ist. Der Gehalt an Bisphenol A Diglycidylether der untersuchten Arbeitsstoffe betrug 30 %. Das Vermeiden direkter Hautkontakte mit Immersionsölen ist anzustreben.

**Grenzwerte am Arbeitsplatz (Maximale Arbeitsplatzkonzentrationswerte (MAK-Werte) und Kurzzeitgrenzwerte),  
Stand bei Drucklegung, Grenzwerte am Arbeitsplatz 2003**

Stoff	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwert			Bemerkungen
	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>	Zeitliche Begrenzung (Häufigkeit x Dauer pro Schicht)	
Ethanol	500	960	1'000	1'920	4 x 15 min.	C
Formaldehyd	0,3	0,37	0,6	0,74	4 x 15 min.	S, C
Glutaraldehyd	0,05	0,21	0,1	0,42	4 x 15 min.	S, C
Kohlendioxid	5'000	9'000				
Methanol	200	260	800	1'040	4 x 15 min.	H, M, C
Methylmethacrylat	50	210	100	420	4 x 15 min.	S, C
Osmiumtetroxid	0.0002	0.002	0.0002	0.002	15 min.	
2-Propanol	200	500	400	1'000	4 x 15 min.	C, M
Uranylacetat (Uran und seine Verbindungen) (als U berechnet)	0,2 e					siehe auch Strahlenschutz- verordnung
Xylol	100	435	200	870	4 x 15 min.	M, D, H

Tabelle 1

Zum Zeitpunkt der Drucklegung gültige Grenzwerte am Arbeitsplatz für wichtige Arbeitsstoffe in Pathologien/Histologischen Laboratorien.

Erläuterungen: e: Einatembarer Staub  
H: Hautresorption  
M: Biologisches Monitoring  
S: Sensibilisatoren

C: Bei Einhaltung des MAK-Wertes braucht eine Schädigung der Leibesfrucht während der Schwangerschaft nicht befürchtet zu werden.  
D: Eine Klassifizierung bezüglich einer allfälligen Fruchtschädigung kann noch nicht erfolgen.

# 3. Gefährdung durch Infektionserreger

## 3.1 Blutübertragbare Infektionskrankheiten

Durch Blut und andere Flüssigkeiten können zahlreiche Krankheiten übertragen werden. Besondere Bedeutung kommt dabei den Infektionen durch HIV und Hepatitis-Viren (HBV, HCV) zu. Eine Gefährdung am Arbeitsplatz besteht vor allem durch Stich- und Schnittverletzungen mit Instrumenten, die durch infektiöse Körperflüssigkeiten kontaminiert sind, bei Spritzern auf die Augenbindehäute und Schleimhäute sowie bei Kontakten mit lädierter Haut.

Das Infektionsrisiko hängt von verschiedenen Faktoren ab wie der Art des Erregers, der Erregerkonzentration in der kontaminierenden Flüssigkeit, dem Stadium der Infektion beim Patienten, der Art der Exposition und der Menge des kontaminierenden Blutes, dem Serologie- und Impfstatus des exponierten Arbeitnehmenden für bestimmte Erreger sowie den durchgeführten Massnahmen der sekundären Prävention z. B. der HIV-Postexpositionsprophylaxe.

Das Risiko einer HIV-Serokonversion nach perkutanen Expositionen mit HIV-kontaminiertem Blut wird im Schnitt mit 0,3 % beziffert; es kann im Einzelfall aufgrund der erwähnten Faktoren jedoch deutlich höher liegen. Eine retrospektive Fallkontrollstudie hat eine Reduktion der HIV-Infektionsrate

### Durchschnittliches Risiko einer Serokonversion und klinischen Hepatitis nach perkutanen Expositionen mit infiziertem Blut

Virus	Risiko einer Serokonversion	Davon klinisch manifeste Hepatitis
HIV	0,3 %	
HBV HBe-Ag negativ	23 – 37 %	1 – 6 %
HBV HBe-Ag positiv	37 – 62 %	22 – 31 %
HCV	1,8 %	

Tabelle 2

Mittleres Risiko einer Infektion mit HIV, HBV und HCV nach einer perkutanen Verletzung mit einem durch infiziertes Blut kontaminierten Instrument (nach CDC) (15).

durch die Postexpositionsprophylaxe mit Zidovudin um zirka 80 % beschrieben. Mukokutane Expositionen (Blutspritzer in Augen, Mund, Nase) sind im Vergleich zu Verletzungen mit einem geringeren durchschnittlichen Infektionsrisiko von unter 0,1 % verbunden. Das Risiko wird wahrscheinlich beeinflusst durch die Blutmenge und die Dauer der Exposition sowie die Viruskonzentration im Blut der Indexperson. Körperflüssigkeiten, die bereits ohne Blutkontamination eine signifikante HIV-Viruskonzentration aufweisen können sind Pleura-, Perikard- und Peritonealflüssigkeit, Synovialflüssigkeit, Amnionflüssigkeit sowie Vaginal- und Samenflüssigkeit. Körperflüssigkeiten ohne signifikante Viruskonzentration sind Tränenflüssigkeit, Schweiß, Nasensekret, Speichel, Stuhl und Urin. Eine Untersuchung hat gezeigt, dass das HI-Virus nach dem Tod des Patienten in Knochenmark und Hirn bis zu einer Woche und in Perikard-, Pleura- und Peritonealflüssigkeit bis zu 2 Wochen infektiös bleiben kann.

Das Infektionsrisiko durch Hepatitis B-Virus (HBV) nach Verletzungen mit blutkontaminierten Instrumenten ist im Einzelfall höher und hängt davon ab, ob beim Patienten HBe-Antigen nachweisbar ist. Ist der Indexpatient HBs-Antigen positiv und HBe-Antigen negativ, bewegt sich das Infektionsrisiko zwischen 23 und 37 %. Wenn sowohl HBs-Antigen wie auch HBe-Antigen positiv sind, beträgt das Risiko 37 – 62 %. Hingegen konnte das Risiko einer Serokonversion nach mukokutaner Exposition bisher nicht quantifiziert werden.

### **Einflussfaktoren für das Infektionsrisiko nach beruflicher Exposition mit HIV enthaltendem Blut**

Einflussfaktor	Odds Ratio (95 % Konfidenzintervall)
Tiefe Verletzung	16,1 (6,1 – 44,6)
Sichtbares Blut am verletzenden Instrument	5,2 (1,8 – 17,7)
Gebrauchte Kanüle nach Rückzug aus Blutgefäß	5,1 (1,9 – 14,8)
Indexpatient mit terminalem AIDS-Stadium	6,4 (2,2 – 18,9)
Durchführung einer PEP mit Zidovudin	0,2 (0,1 – 0,6)

Tabelle 3

Faktoren, welche das Risiko einer Infektion durch Blut nach einer beruflichen Exposition bestimmen (15).

Für Stich- und Schnittverletzungen mit durch Hepatitis C-Virus (HCV) kontaminierten Instrumenten wird aufgrund der bisherigen Untersuchungen das Übertragungsrisiko im Mittel auf 1,8 % geschätzt.

Neben Viren können auch Bakterien, Pilze, Protozoen, Metazoen und wahrscheinlich Erreger von Erkrankungen aus dem Komplex der transmissiblen spongiformen Encephalopathien (TSE) wie die Creutzfeldt-Jakob-Krankheit übertragen werden.

Bisher sind wenige Daten über Stich- und Schnittverletzungen in pathologisch-anatomischen Instituten veröffentlicht worden. O'Briain überprüfte retrospektiv das Verletzungsrisiko bei 36 Pathologen (53). 56 % davon hatten während eines Jahres Stiche oder Schnitte bei der Arbeit erlitten. Im Durchschnitt wurde eine Verletzung auf 37 Autopsien oder auf rund 2'600 bearbeitete Gewebeprobe beobachtet. Bei Assistenzpersonal war dies 5 Mal häufiger der Fall als bei ausgebildeten Pathologen. Betroffen waren meistens Daumen, Zeigefinger und/oder Mittelfinger der nicht dominanten Hand. Spritzer in die Konjunktiven und ins Gesicht waren häufig (39 % respektive 75 %). Meistens führten Verrichtungen wie die Präparation der Halsorgane, das Lösen von Adhäsionen, die Präparation grosser Organe wie der Nieren, die Oeffnung des Thoraxraumes und des Kraniums sowie Manipulationen an den Knochen zu Stich- und Schnittverletzungen.

Genauere Zahlen bezüglich des Risikos einer HIV-Infektion oder einer Hepatitis B/C in pathologisch-anatomischen Instituten liegen nicht vor. Bei der Auflistung des Public Health Laboratory Service ([www.phls.co.uk](http://www.phls.co.uk)) wird bei den Arbeitnehmenden im Gesundheitswesen mit dokumentierter HIV-Serokonversion nach beruflichen Expositionen auch ein Pathologe erwähnt, der sich während der Autopsie mit dem Skalpell geschnitten hat. Der Index-Patient litt unter AIDS. Geschützt hatte sich der Pathologe mit zwei Paar Handschuhen. Die Liste der möglichen Fälle von beruflich bedingter HIV-Serokonversion enthält zudem einen männlichen Autopsieassistenten, der sich bei der Verwendung einer elektrischen Säge geschnitten hat (63).

Die bisher veröffentlichten Fälle berufsbedingter HIV-Infektionen haben jedoch weder Pathologen noch pathologisch-anatomisches Assistenzpersonal betroffen.

Für weitere Informationen zu blutübertragbaren Infektionskrankheiten wird unter anderem auf die Suva-Publikation «Verhütung blutübertragbarer Infektionen im Gesundheitswesen» verwiesen (15).

## 3.2 Aerogen übertragbare Infektionskrankheiten

Aerogene Infektionen in pathologisch-anatomischen Instituten sind vor allem durch Mykobakterien des Tuberkulosekomplexes verursacht worden. Andere aerogene Infektionskrankheiten treten hingegen in diesen Institutionen kaum in Erscheinung.

Auch neuere Untersuchungen der letzten 25 Jahre zeigen, dass die Inzidenz der Tuberkulose bei Mitarbeitern im Gesundheitswesen über derjenigen der Allgemeinbevölkerung liegt. Beruflich bedingte Infektionen mit Mykobakterien des Tuberkulosekomplexes sind auch in Autopsieräumen resp. pathologisch-anatomischen Laboratorien beschrieben worden (26, 30, 36, 40, 49, 54, 60).

Templeton berichtete (60), dass während einer 3 Stunden dauernden Autopsie fünf Pathologen und Studenten mit Mykobakterien des Tuberkulosekomplexes infiziert wurden. Die 5 Mitarbeiter hatten während 10 Minuten bis zu 3 Stunden der Autopsie beigewohnt. 2 der 5 Betroffenen wiesen auch später eine positive Sputumkultur auf. Der Autopsieraum verfügte über eine 9-fache Luftumwälzung pro Stunde; die Obduzenten trugen Hygienemasken, also keine eigentlichen Atemschutzmasken. Interessant ist die Feststellung, dass beim Pflegepersonal, das den Patienten während 3 Wochen vor seinem Tod betreute, keine Tuberkulintestkonversionen beobachtet worden sind.

Lundgren berichtete über eine Tuberkuloseinfektion bei einem Autopsietechniker und 3 Medizinstudenten anlässlich von zwei Autopsien. In beiden Fällen war die Lungentuberkulose beim Patienten vor der Autopsie nicht bekannt gewesen. Die Autoren kommen zum Schluss, dass aufgrund der Möglichkeit, dass eine Tuberkulose bei der Autopsie noch nicht bekannt ist, generell Vorsichtsmassnahmen während der Autopsie zu treffen sind (49).

Eine ähnliche Situation wurde durch Kantor beschrieben (40). Bei einem Patienten wurde weder vor noch während der Autopsie die Diagnose einer Tuberkulose gestellt; erst die histologische Untersuchung des Autopsiematerials erlaubte es, bei dem an einem malignen Tumor leidenden und mit Kortikosteroiden behandelten Patienten eine bilaterale, nekrotisierende tuberkulöse Bronchopneumonie nachzuweisen. Die Untersuchung bei 55 vor dem Patientenkontakt tuberkulin-negativen Mitarbeitern ergab bei 8 eine Tuberkulintestkonversion, wobei neben 4 Mitarbeitern im Pflegedienst und einem Mitarbeiter im Röntgenbereich auch 3 Obduzenten betroffen wurden. Ein vierter bei der Autopsie beteiligter Mitarbeiter, bei dem die Tuberkulintestkonversion nicht beurteilt werden konnte, entwickelte 5 Monate nach

der erwähnten Autopsie eine tuberkulöse Pleuritis. Der Autopsieraum wies bei der Beurteilung einen 11-fachen Luftwechsel pro Stunde und einen negativen Druckgradienten gegenüber den angrenzenden Räumen auf. Die Luft wurde nicht rezirkuliert und ohne Filter direkt nach aussen abgeführt.

Diese Fallbeschreibungen stehen im Einklang mit Arbeiten, die für Arbeitnehmende in pathologisch-anatomischen Instituten im Vergleich mit dem Pflegepersonal ein erhöhtes Tuberkuloserisiko festgestellt haben (36, 54). Hofmann et al. (36) haben in Freiburg im Breisgau bei über 3'500 Mitarbeitenden des Universitätsklinikums das berufliche Tuberkuloserisiko in einer Quer- und Längsschnittuntersuchung mittels Tuberkulintestungen untersucht. In der Längsschnittuntersuchung wurde eine jährliche Tuberkulinkonversionsrate von im Schnitt 2,2 % beobachtet. Ein überdurchschnittlich hohes Konversionsrisiko von über 3 % wiesen Arbeitnehmende in der Pathologie und der Transfusionsmedizin auf. Ueber dem Durchschnitt lagen auch MitarbeiterInnen, die in den Bereichen Thoraxchirurgie, Pneumologie, Anästhesiologie und Zahnmedizin arbeiteten. Ihre Tuberkulintestkonversionsrate betrug pro Person und Jahr 2,2 – 3 %. Fälle mit aktiver Tuberkulose wurden in dieser Untersuchung nicht beobachtet.

In einer neuen kanadischen Arbeit wurde gezeigt, dass Arbeitnehmende in pathologisch-anatomischen Instituten eine erhöhte Tuberkulinkonversionsrate aufweisen, wenn sie zugunsten einer Klinik arbeiteten, in der häufiger Patienten an Tuberkulose verstorben waren oder diese Diagnose längere Zeit nicht gestellt wurde. Das Tuberkulinkonversionsrisiko war in Pathologien ohne wirksame technische Raumlüftung höher als in Pathologien mit guter technischer Raumlüftung. Die Autoren kommen zum Schluss, dass das Risiko einer Tuberkulinkonversion insbesondere in der Pathologie bei schlechter technischer Raumlüftung und einer verzögerten Tuberkulosediagnose beim Patienten erhöht ist und entsprechende Massnahmen der Berufskrankheitenverhütung angezeigt sind (50).

Ein erhöhtes berufliches Risiko für eine Tuberkulose ist auch für bestimmte beispielsweise in den USA gebräuchliche Konservierungstechniken von Verstorbenen («Embalmer») mehrfach beschrieben worden (59).

Für weitere Informationen über die Tuberkulose am Arbeitsplatz wird auf die Suva-Publikation «Tuberkulose am Arbeitsplatz: Gefährdung und Prävention» verwiesen (18).

# 4. Schutzziele und Hierarchie der Schutzmassnahmen

## 4.1 Schutzziele

Für die Beschäftigten in pathologisch-anatomischen Instituten und histologischen Laboratorien stehen Gefährdungen durch Arbeitsstoffe, Infektionskrankheiten (blutübertragbare Infektionen und Tuberkulose) sowie Hautkrankheiten im Vordergrund. Damit können für den Gesundheitsschutz in diesen Institutionen folgende Schutzziele formuliert werden:

- Eine Exposition der Arbeitnehmenden gegenüber Aerosolen, Dämpfen und Gasen von gesundheitsgefährdenden Arbeitsstoffen ist soweit wie möglich durch technische, organisatorische und personenbezogene Schutzmassnahmen zu verringern. Die Grenzwerte am Arbeitsplatz (Maximale Arbeitsplatz-Konzentrationswerte und Kurzzeitgrenzwerte) sind in jedem Fall einzuhalten.
- Eine Übertragung von Infektionserregern mit Blut oder Körperflüssigkeiten durch Stich- und Schnittverletzungen, durch direkten Kontakt mit Haut und Schleimhäuten sowie durch Spritzer auf Augenbindehäute und Schleimhäute ist mit technischen, organisatorischen und personenbezogenen Schutzmassnahmen zu verhindern. Alle Arbeitnehmenden in pathologisch-anatomischen Instituten und Histologielaboratorien mit Kontaktmöglichkeiten zu Blut oder potentiell infektiösen Körperflüssigkeiten sind aktiv gegen Hepatitis B zu impfen.
- Massnahmen zur Verhinderung einer berufsbedingten Infektion gegenüber Mykobakterien des Tuberkulosekomplexes sind insbesondere im Autopsiebereich zu treffen. Für diese Beschäftigten soll die personalärztliche Betreuung bei der Eintritts- und den periodischen Kontrolluntersuchungen die Suche nach einer tuberkulösen Infektion umfassen.
- Zur Prävention beruflich verursachter Hautkrankheiten sind die Arbeitsabläufe so zu gestalten, dass der Hautkontakt mit toxisch-irritativen und sensibilisierenden Arbeitsstoffen auf das unerlässliche Minimum reduziert wird.
- Schwangere Frauen und stillende Mütter sind so zu beschäftigen und die Arbeitsbedingungen so zu gestalten, dass die Gesundheit von Mutter und Kind nicht beeinträchtigt wird.

## **4.2 Hierarchie der Schutzmassnahmen**

Zur Verringerung des Berufskrankheitenrisikos wird grundsätzlich als erstes versucht, gefährdende Arbeitsstoffe durch weniger gefährdende zu ersetzen. Die zweite Massnahme stellt die Verringerung der Exposition gegenüber Arbeitsstoffen durch technische Vorkehrungen dar. Ergänzend kommen organisatorische Massnahmen sowie persönliche Schutzmittel, welche die Aufnahme von Arbeitsstoffen in den Organismus resp. den Haut-/Schleimhautkontakt verringern, dazu.

Für pathologisch-anatomische Institute und histologische Laboratorien sind in erster Linie technische Massnahmen zur Verringerung der Exposition der Arbeitnehmenden gegenüber chemischen Arbeitsstoffen sowie zur Verringerung der Exposition gegenüber Erregern aerogen übertragbarer Infektionskrankheiten zu treffen. Organisatorische Massnahmen, welche diese ergänzen, betreffen Zugangsregelungen, Hygienepläne, die Information und Schulung der Arbeitnehmenden und Massnahmen bei Schwangerschaft. Wichtig sind ausserdem, besonders im Autopsieraum, personenbezogene Schutzmassnahmen, wie das Tragen persönlicher Schutzausrüstungen.

## **4.3 Beizug von Arbeitsärzten und andern Spezialisten der Arbeitssicherheit**

Die Verordnung über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten (VUV) ist 1993 revidiert worden (4). Darin wird der Arbeitgeber verpflichtet, Arbeitsärzte und andere Spezialisten der Arbeitssicherheit beizuziehen, wenn es zum Schutz der Gesundheit der Arbeitnehmenden und für deren Sicherheit erforderlich ist. Die Beizugspflicht richtet sich namentlich nach dem Risiko, der Anzahl der beschäftigten Personen und dem für die Gewährleistung der Arbeitssicherheit im Betrieb erforderlichen Fachwissen. Die Eidgenössische Koordinationskommission für Arbeitssicherheit (EKAS) hat im Hinblick auf die Umsetzung dieser Vorgaben 1996 eine Richtlinie über den Beizug von Arbeitsärzten und andern Spezialisten der Arbeitssicherheit, kurz Beizugsrichtlinie, in Kraft gesetzt (EKAS) (12). Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz sollen damit in die Organisation und die Arbeitsabläufe der Betriebe integriert werden. Bezüglich der Details wird auf die entsprechende EKAS-Richtlinie verwiesen.

## 5. Expositionen gegenüber chemischen Arbeitsstoffen – Erfahrungen aufgrund einer Messkampagne in der Schweiz

1991/1992 ist in den pathologisch-anatomischen Laboratorien der Schweiz eine systematische Messaktion zur Beurteilung der Exposition gegenüber Formaldehyd und organischen Lösungsmitteln durchgeführt worden.

Die Hauptfragen waren:

- (1) Welche Konzentrationen von Formaldehyd und organischen Lösungsmitteln können unter verschiedenen Arbeitsplatzbedingungen gemessen werden?
- (2) Werden die Grenzwerte unter verschiedenen Arbeitsbedingungen eingehalten?
- (3) Welche technischen, organisatorischen und personenbezogenen Schutzmassnahmen sind aufgrund der Messergebnisse in pathologisch-anatomischen Instituten zur Verhütung von Berufskrankheiten zu treffen?

### 5.1 Untersuchungsmethode

#### Probenahme

In allen Laboratorien wurden stationäre und personenbezogene Raumluftmessungen durch aktive Probenahme durchgeführt. Formaldehyddämpfe wurden durch Chemosorption mit 2,4-Dinitrophenylhydrazin imprägnierten Glasfaserfiltern erfasst und organische Lösungsmittel durch Adsorption in Aktivkohle gefüllten Glasröhrchen. In Zuschneideräumen und Lokalitäten zur weiteren histologischen Verarbeitung fanden mehrere stationäre und personenbezogene Messungen statt. Gesamthaft wurden in 93 Laborräumen 211 Formaldehydmessungen und 462 Messungen von organischen Lösungsmitteln durchgeführt.

#### Analyse

Die Analyse von Formaldehyd erfolgte nach Desorption mit Acetonitril durch Gradienten-High-Performance-Liquid-Chromatographie (Gradienten-HPLC). Die Nachweisgrenze betrug 0,1 ppm. Die organischen Lösungsmittel wurden

nach Desorption mit Schwefelkohlenstoff durch Gaschromatographie und Flammenionisationsdetektion bestimmt. Die Resultate wurden anhand der geltenden Grenzwerte am Arbeitsplatz beurteilt und der Summenindex für Lösungsmittelgemische gemäss der in der Grenzwertliste enthaltenen Formel gebildet (siehe Abschnitt 2.2.5).

## **Grenzwerte**

Zum Zeitpunkt der Messkampagne und des Erscheinens der ersten Auflage der Publikation waren die Grenzwerte für Arbeitsstoffe an Arbeitsplätzen in pathologisch-anatomischen Instituten und Histologielaboratorien zum Teil höher als die heute geltenden. So betrug der damalige Grenzwert am Arbeitsplatz für Formaldehyd 0,5 ppm, heute zum Zeitpunkt der Drucklegung jedoch 0,3 ppm. Die Grenzwerte für Alkohole sind seit der Messkampagne ebenfalls gesenkt worden, nämlich für Ethanol von 1'000 auf 500 ppm und für Isopropanol von 800 auf 200 ppm. Der Grenzwert des am häufigsten verwendeten organischen Lösungsmittels in der Histologie, nämlich von Xylol, beträgt hingegen nach wie vor 100 ppm. Zudem wurden auch die Kurzzeitgrenzwerte geändert (siehe Tabelle 1, Seite 21).

## **Einteilung der Laboratorien**

Aufgrund der technischen Einrichtungen wurden die Laboratorien in 6 Kategorien eingeteilt:

- A** Lokalabsaugung durch Kapelle ohne Rezirkulation; technische Raumlüftung mit über 5 Luftwechsel pro Stunde (Abb. 1)
- B** Quellenabsaugung am Arbeitsplatz, technische Raumlüftung mit guter Luftumwälzung (Abb. 2)
- C1** Lokale Absaugung durch Kapelle mit Rezirkulation (Filtergerät); technische Raumlüftung mit über 5 Luftwechsel pro Stunde
- C2** Lokale Absaugung durch Kapelle mit Rezirkulation (Filtergerät), keine technische Raumlüftung
- D** D1: Lokale Abluftführung durch Lüftungsschlitze oder D2: mit Abzugshaube.
- E** Keine lokale Absaugung, aber technische Raumlüftung
- F** Weder lokale Absaugung noch technische Raumlüftung
- G** Lagerung, Aufbereitung und Entsorgung von Chemikalien (Lagerräume für chemische Arbeitsstoffe)



Abbildung 1  
Arbeitsplatz im Zuschneideraum: Kapelle mit Abluftführung  
nach aussen (entspricht Laborkategorie A).

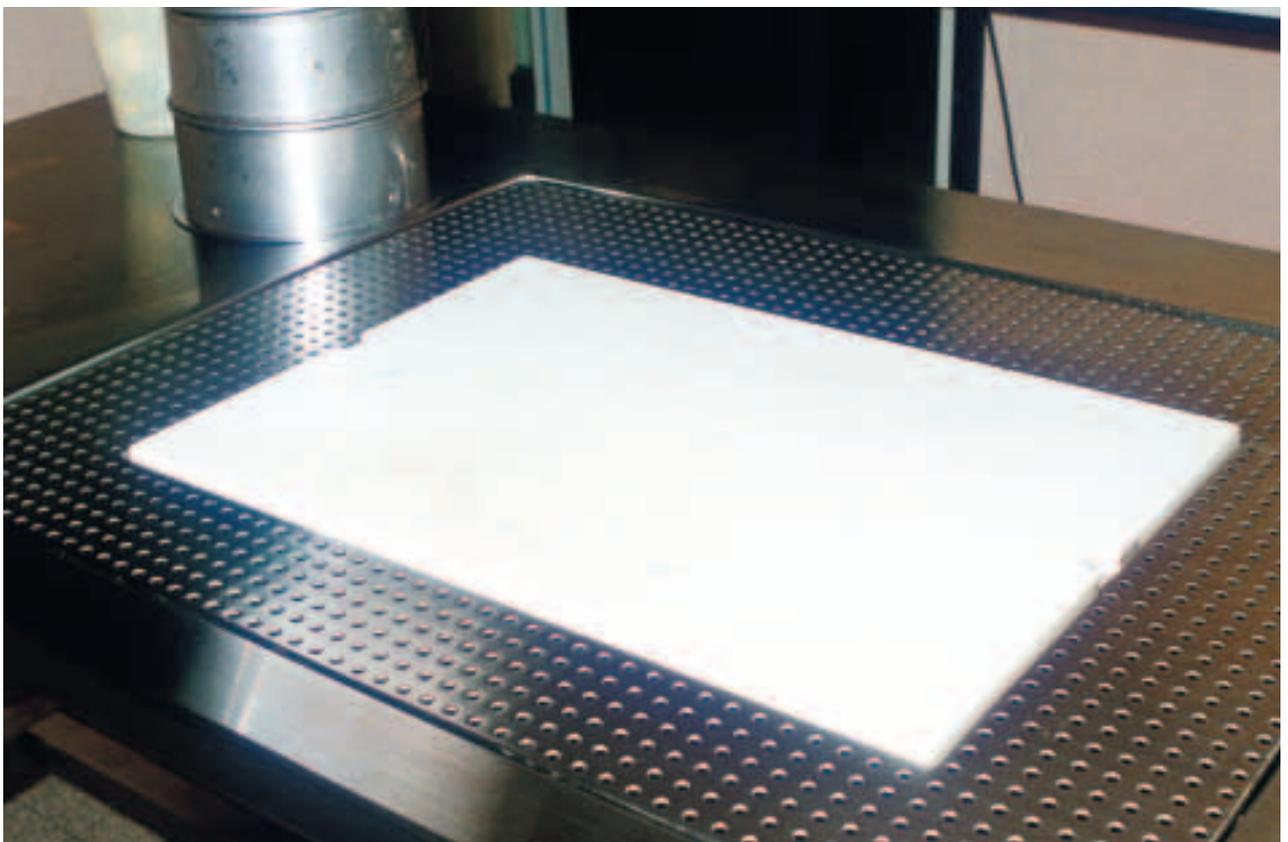


Abbildung 2  
Arbeitsplatz im Zuschneideraum mit Quellenabsaugung (Lochplatte)  
(entspricht Laborkategorie B).

## 5.2 Ergebnisse

### 5.2.1 Exposition gegenüber Formaldehyd

Die Exposition gegenüber Formaldehyd wurde in 44 Laboratorien, vorwiegend in Zuschneideräumen, gemessen. Die Konzentrationen variierten erheblich. Ihr Mittelwert aus 211 Messungen betrug  $0,63 \pm 0,69$  ppm. Bei stationärer Probenahme ergaben sich mit  $0,44 \pm 0,49$  ppm leicht tiefere Werte als in personenbezogenen Messungen mit  $0,76 \pm 0,77$  ppm. Die hohen Streuungen erklären sich dadurch, dass wiederholt Messwerte erheblich über den Mittelwerten lagen.

Fasst man alle Formaldehydmessungen zusammen, so lässt sich eine erhebliche Variation der Werte beobachten (Abb. 3). 40,8 % der Messungen ergaben Formaldehydkonzentrationen zwischen 0 und 0,25 ppm und 20,4 % von 0,25 bis 0,5 ppm. In 12,3 % lagen die Werte zwischen 0,5 – 1 ppm. In 26,5 % wurde der heute geltende Grenzwert von 0,3 ppm um das über 3-fache überschritten (1 – 2 ppm: 19 %; über 2 ppm: 7,5 %).

Die Höhe der Formaldehydkonzentration war von den technischen Massnahmen am Arbeitsplatz abhängig (Abb. 4). Die tiefsten Werte wurden in Kategorie A mit 0,11 ppm gemessen. In Kategorie B betrug die mittlere Formaldehydkonzentration 0,30 ppm und lag damit im Mittel im Bereich des heute geltenden Grenzwertes. In Kategorie C lagen die mittleren Formaldehydkonzentrationen über dem heute geltenden Grenzwert von 0,3 ppm (Kategorie C1 0,39 ppm, Kategorie C2 0,48 ppm). In den Kategorien D, E und F überschritt die mittlere Formaldehydkonzentration den heute geltenden Grenzwert deutlich. Sehr hohe Formaldehydkonzentrationen wurden in Spezialräumen gemessen (z. B. Herstellung, Umfüllen und Entsorgung der Lösungen).

Aufgrund der Messergebnisse war bei den damals geltenden Grenzwerten lediglich in den Kategorien A und B die Situation aus Sicht des Gesundheitsschutzes gut. In den anderen Kategorien wurden demgegenüber Überschreitungen des damals geltenden MAK-Wertes von 0,5 ppm gemessen. Wenn der seit 2001 geltende Grenzwert am Arbeitsplatz für Formaldehyd von 0,3 ppm der Beurteilung zugrunde gelegt wird, kann nur für Arbeitsplätze, die der Kategorie A entsprechen, eine signifikante Unterschreitung des Grenzwertes angenommen werden. Für Arbeitsplätze der Kategorien B und C ist nicht ohne weiteres anzunehmen, dass der heute geltende Grenzwert am Arbeitsplatz signifikant unterschritten wird. Dies muss damit im

Einzelfall an diesen Arbeitsplätzen durch Formaldehydmessungen belegt werden oder es sind flankierende Massnahmen zu treffen.

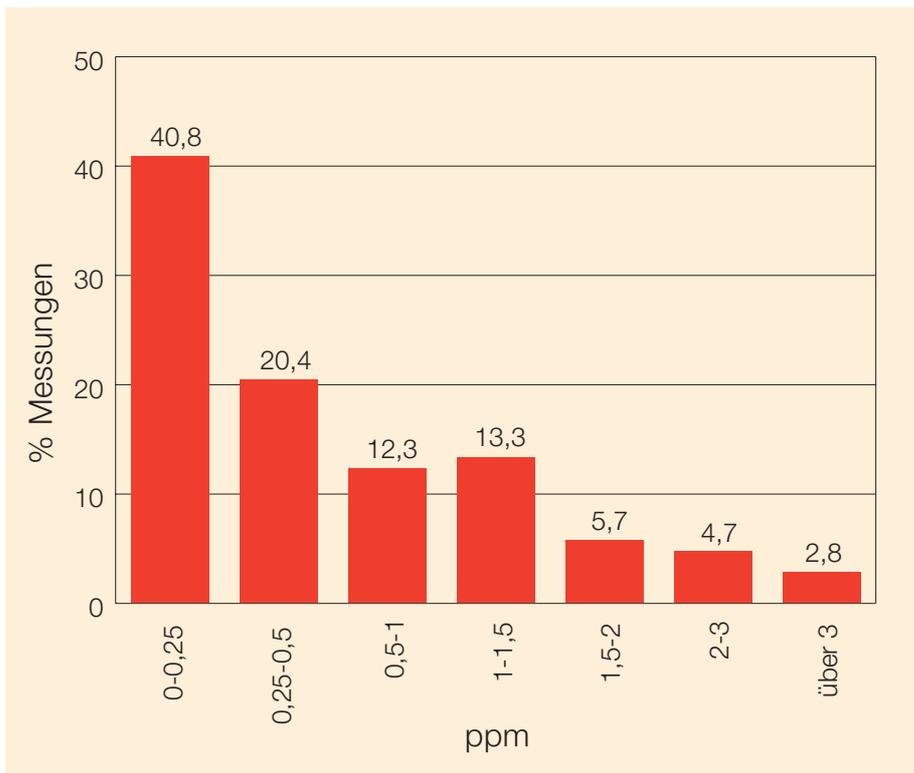


Abbildung 3  
Formaldehydmessungen in Zuschneideräumen: Anzahl der Messergebnisse pro Expositionsbereich (Zahl der Messungen: 211).

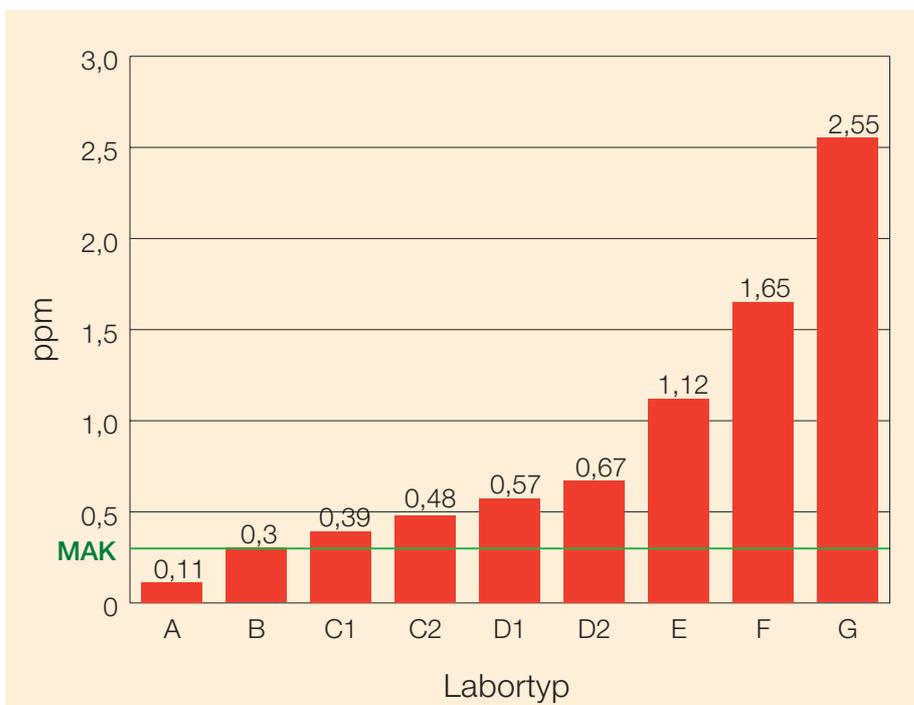


Abbildung 4  
Exposition gegenüber Formaldehyd in Zuschneideräumen: Mittlere gemessene Formaldehydkonzentration in ppm in den Laborkategorien A-G.

## 5.2.2 Exposition gegenüber organischen Lösungsmitteln

Die Exposition gegenüber organischen Lösungsmitteln wurde in 55 Laboratorien geprüft. Gesamthaft gesehen wurden 256 stationäre Messungen und 206 personenbezogene Messungen durchgeführt. Die Zahl der Analysen betrug für Xylol 201, für Toluol 23, für Ethanol 173, für Tetrachlorethen 10, für Trichlorethen 10, für Isopropanol 33 und für Tetrahydrofuran 12.

Zur Beurteilung der Exposition wurde der MAK-Index herangezogen. Dieser ist als Quotient zwischen Raumluftkonzentration ( $C_n$ ) und entsprechendem MAK-Wert ( $MAK_n$ ) definiert. Er lag für organische Lösungsmittel in 90,7 % weit unter 1 ( $0 - 0,25 C_n/MAK_n$ ); in 5,6 % betrug er  $0,25 - 0,5$  und in 3,0 % zwischen  $0,5$  und  $1$ . Lediglich in  $0,7$  % der Messungen wurde der MAK-Index von  $1$  überschritten (Abb. 5).

Zur Abschätzung der Exposition gegenüber Lösungsmittelgemischen wurde der Summen-MAK-Index gebildet; für die Formel wird auf Abschnitt 2.2.5 verwiesen. Wie Abb. 5 entnommen werden kann, waren  $65,3$  % der Summen-MAK-Werte weit unter  $1$  (unter  $0,25$ ) und  $21,8$  % im Bereich von  $0,25$  bis  $0,5$ . Lediglich in  $4$  % wurde er für organische Lösungsmittelgemische

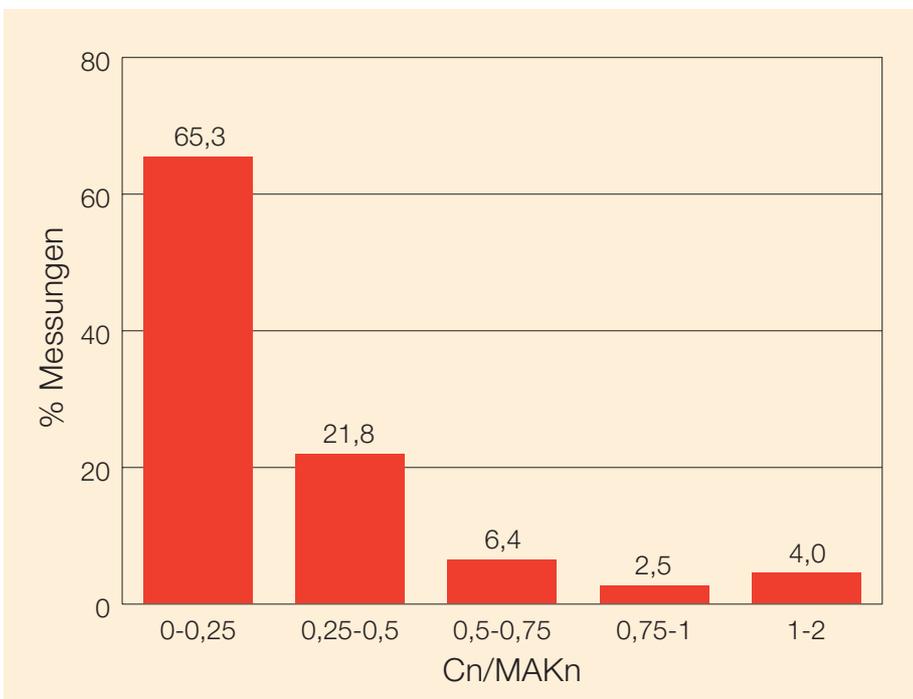


Abbildung 5  
Exposition gegenüber organischen Lösungsmitteln in  
Histologielaboratorien bewertet anhand des Summen-MAK-Index:  
Prozentuale Verteilung der Messergebnisse auf die einzelnen  
Expositionsbereiche des Summen-MAK-Index ( $C_n/MAK_n$ )  
(Grundlage: MAK-Index zum Zeitpunkt der Messaktion 1991/92).

überschritten. Dies war nur in kleinen Labors ohne lokale Absaugung und ohne genügende Raumventilation der Fall, wobei die Hauptexpositionsquelle vor allem das Eindecken war. Wie erwähnt, ist zu beachten, dass in der Zwischenzeit der Grenzwert am Arbeitsplatz für bestimmte organische Lösungsmittel, vor allem Alkohole, gesenkt worden ist. Da der Grenzwert des am häufigsten verwendeten Xylol unverändert geblieben ist und der Grenzwert für das ebenfalls häufig verwendete Ethanol, der heute 500 ppm beträgt, im Allgemeinen deutlich unterschritten wird, kann aufgrund der Ergebnisse in Abbildung 5 davon ausgegangen werden, dass die bei der Messkampagne 1991/1992 gemachten Feststellungen auch auf die heutigen Arbeitsplatzverhältnisse übertragbar sind.

### 5.2.3 Konsequenzen aus der Messaktion

Im Zuschneiderraum von pathologisch-anatomischen Instituten wurden häufig Formaldehydkonzentrationen über den zum Zeitpunkt der Messaktion geltenden Grenzwerten am Arbeitsplatz gemessen. Die Belastung der Arbeitnehmer ist vor allem von den getroffenen technischen Massnahmen abhängig. Einwandfreie arbeitshygienische Bedingungen mit deutlichem Unterschreiten der damaligen Grenzwerte am Arbeitsplatz wurden lediglich in Labors festgestellt, in welchen man die Gewebeproben in einer Kapelle ohne lokale Rezirkulation und in einem gut ventilierten Raum auspackte, zuschnitt und einkapselte (Kategorie A) oder welche über eine effiziente Quellenabsaugung am Arbeitsplatz verfügten (Kategorie B). Aufgrund der Absenkung des Grenzwertes für Formaldehyd von 0,5 auf 0,3 ppm im Jahr 2001 kann allerdings nur noch für Arbeitsplätze, die der Kategorie A entsprechen, im Allgemeinen eine signifikante Unterschreitung des Grenzwertes angenommen werden. Arbeitsplätze, welche der Kategorie B entsprechen, können bei effizienter Quellenabsaugung und guter technischer Raumlüftung ebenfalls mit Formaldehydexpositionen unter dem aktuellen Grenzwert von 0,3 ppm einhergehen. Dies ist jedoch im Einzelfall durch Messungen zu belegen.

Bei Arbeiten in Kapellen mit Rezirkulation, d. h. mit Filtergeräten (Kategorie C), konnte der damals geltende Grenzwert für Formaldehyd von 0,5 ppm in vielen Fällen ebenfalls eingehalten werden. Diese Geräte können jedoch nur dann eine Formaldehydexposition unterhalb des MAK-Wertes gewährleisten, wenn die Filter vor ihrer Sättigung gewechselt werden, eine genügende Ansauggeschwindigkeit im Bereich der Arbeitsöffnung garantiert ist (auch bei Verstopfung des Vorfilters oder schlechter Funktion des Gebläses) und gleich-

zeitig eine gute technische Raumlüftung besteht. Im Allgemeinen kann jedoch mit der Absenkung des Grenzwertes von Formaldehyd von 0,5 auf 0,3 ppm an Arbeitsplätzen der Kategorie C keine signifikante Unterschreitung des Grenzwertes erreicht werden. Der Einsatz von Filtergeräten ohne flankierende Massnahmen entspricht nicht mehr dem Stand der Technik.

Bei lokaler Abluftführung, d. h. durch Lüftungsschlitze oder eine Abzugshaube (Kategorie D), kann der Grenzwert am Arbeitsplatz nur selten eingehalten werden. Diese Art der Lüftung entspricht heute eindeutig nicht mehr dem Stand der Technik.

Diese Schlussfolgerungen werden auch durch neuere Daten aus der Literatur bestätigt (41, 62).

Die Expositionsverhältnisse gegenüber organischen Lösungsmitteln in Histologielaboratorien hingegen waren im allgemeinen weit weniger problematisch. Die Messergebnisse lagen meistens deutlich unter den geltenden Grenzwerten am Arbeitsplatz. Grenzwertüberschreitungen wurden nur in Ausnahmesituationen beobachtet (kleine Räume, fehlende Raumventilation, keine Absaugung im Bereich stärkerer Lösungsmittellemissionen wie dem Eindecken, zusätzliche Faktoren wie offene Gefässe).

## 6. Technische, organisatorische und personenbezogene Massnahmen zur Verhütung von Berufskrankheiten

### 6.1 Zuschneiderraum/Exposition gegenüber Formaldehyd

An Arbeitsplätzen, an welchen die Gewebeproben ausgepackt, zugeschnitten und eingekapselt werden, sind die Formaldehyddämpfe lokal abzusaugen. Empfehlenswert sind Kapellen mit Abluftführung (Abb. 1). Eine wirksame Quellenabsaugung wie eine Lochplattenabsaugung (Abb. 2) in Kombination mit einer effizienten technischen Raumlüftung kann im Einzelfall eine Unterschreitung des Grenzwertes für Formaldehyd von 0,3 ppm ermöglichen. Bei einer solchen Einrichtung ist jedoch das Einhalten des Grenzwertes am Arbeitsplatz messtechnisch zu überprüfen.

Kapellen mit Umluftventilation und absorbierenden Filtern (Filtergeräte) sind nur dann zulässig, wenn diese regelmässig geprüft und bei Anzeichen von Sättigung umgehend gewechselt werden. Ebenso muss die Luftansauggeschwindigkeit im Bereich der Arbeitsöffnung regelmässig geprüft werden und bei Abnahme des Flusswertes unter eine kritische Grenze (z. B. wegen Überlastung des Vorfilters, Abnahme der Gebläseleistung) ist der Defekt umgehend zu beheben. Zu verwenden sind deshalb nur Geräte mit kontinuierlicher Überwachung des Filterzustandes sowie der Luftansauggeschwindigkeit. Aufgrund der Ergebnisse der Messaktion 1991/1992 sind jedoch Filtergeräte auch bei guter technischer Raumlüftung nicht zu empfehlen. Werden Filtergeräte dennoch verwendet, ist das Unterschreiten des Grenzwertes durch regelmässige Formaldehydmessungen zu belegen.

- In Räumen, in welchen die erwähnten Arbeiten durchgeführt werden, ist zusätzlich für eine wirksame technische Raumlüftung zu sorgen.
- Schränke, in welchen fixierte Organteile aufbewahrt werden, müssen belüftet werden.
- Vor dem Zuschneiden sind Organteile ausreichend zu wässern.
- Die Arbeitsfläche ist regelmässig zu säubern, damit liegengebliebene Fixierflüssigkeit entfernt wird.

- Gefässe, welche formaldehydhaltige Fixationslösung enthalten, sind mit einem Deckel zu schliessen.
- Zum Entsorgen von gebrauchter Formaldehydlösung sind möglichst geschlossene Systeme zu verwenden.
- Das Ausgiessen der Formaldehydlösung soll unter einer Absaugung oder sorgfältig unter laufendem kalten Wasser erfolgen.
- Für das Zuschneiden sind geeignete Schutzhandschuhe zu tragen. Abwaschbare Schürzen und das Tragen einer Schutzbrille bei Gefahr von Spritzern sind empfehlenswert.

## **6.2 Arbeiten mit nicht fixierten Gewebeproben**

Bei Arbeiten mit nicht fixierten Gewebeproben sind die allgemeinen Vorsichtsmassnahmen für die Verhütung blutübertragbarer Infektionen am Arbeitsplatz zu beachten. Es wird auf die Publikation der Suva «Verhütung blutübertragbarer Infektionen im Gesundheitswesen» (15) verwiesen. Die wichtigsten Massnahmen sind die folgenden.

- Proben sind in dichten und bruch sicheren Behältern zu transportieren. Probenbehälter, deren äussere Oberfläche kontaminiert ist, sollen mit einem geeigneten Desinfektionsmittel gereinigt werden. Verschmutzte Auftragsformulare sollen neu geschrieben und die alten vernichtet werden.
- Bei möglichen Kontakten mit unfixiertem Gewebe, Blut und Körperflüssigkeiten sind flüssigkeitsdichte Handschuhe zu tragen. Defekte Handschuhe sind zu wechseln. Nach jedem Ausziehen der Handschuhe sowie nach Beendigung der Arbeiten sollen die Hände desinfiziert werden. Die Empfehlung, welcher Typ von Handschuhen zu verwenden ist, soll in Zusammenarbeit mit dem Sicherheitsbeauftragten und dem Personalarzt ausgearbeitet werden. Grundsätzlich sollen keine gepuderten allergenreichen Latexhandschuhe verwendet werden. Vorzuziehen sind latexfreie Handschuhe. Arbeitnehmenden mit bekannter atopischer Disposition sowie vorbestehendem Handekzem sollen generell latexfreie Handschuhe zur Verfügung gestellt werden. Bezüglich des Problems der Latexallergie wird auf die Suva-Publikation «Latexallergie: Gefährdung und Schutzmassnahmen am Arbeitsplatz» verwiesen (20).
- Es ist alles daranzusetzen, Stich- und Schnittverletzungen bei beruflichen Verrichtungen im Labor zu vermeiden. Insbesondere dürfen Schutzhüllen nie mit beiden Händen auf benutzte Kanülen zurückgesteckt werden (kein zweihändiges Recapping).

- Gebrauchte, scharfe Einwegutensilien müssen in bruch sicheren Behältern entsorgt werden. Die Grösse der Entsorgungsbehälter muss den Bedürfnissen und der Häufigkeit der Verwendung angepasst sein. Verschlussbare Einwegbehälter sind vorzuziehen. Die Behälter dürfen nicht überfüllt werden.
- Nach Möglichkeit ist Einwegmaterial zu verwenden.
- Nach einer Kontamination der Haut mit Blut oder Körperflüssigkeiten sollen die betroffenen Hautstellen sofort gewaschen und desinfiziert werden. Empfohlen werden Desinfektionsmittel auf Alkoholbasis.
- Im Fall einer Verletzung mit einem Instrument, das mit Blut oder Körperflüssigkeiten kontaminiert war oder falls derartige Flüssigkeiten auf die Haut oder Schleimhäute gelangt sind, ist der Mitarbeiter umgehend dem Personalarzt zuzuweisen.
- Nach Beendigung der Arbeit müssen die Oberflächen und die Ausrüstungen mit einem Desinfektionsmittel gereinigt werden. Für die Reinigung sind flüssigkeitsdichte Handschuhe zu tragen.
- Für Arbeiten mit potenzieller Aerosolbildung wird eine Sicherheitswerkbank der Klasse II oder III empfohlen. Ihre Wirksamkeit darf nicht beeinträchtigt werden. Insbesondere soll der laminare Luftstrom der Front nicht gestört werden (z. B. durch Abdecken der Lochplatten mit dem Zuschneidebrett) (Abb. 6, Seite 40).
- Wenn trotz technischer Massnahmen bei Arbeiten mit Spritzern oder Aerosolen von potentiell infektiösem Material zu rechnen ist, sollen Schutzbrillen, Schutzschilde sowie geeignete Atemschutzmasken, mindestens der Schutzstufe P2, getragen werden.



Abbildung 6  
Arbeiten in einer Sicherheitswerkbank der Klasse II.

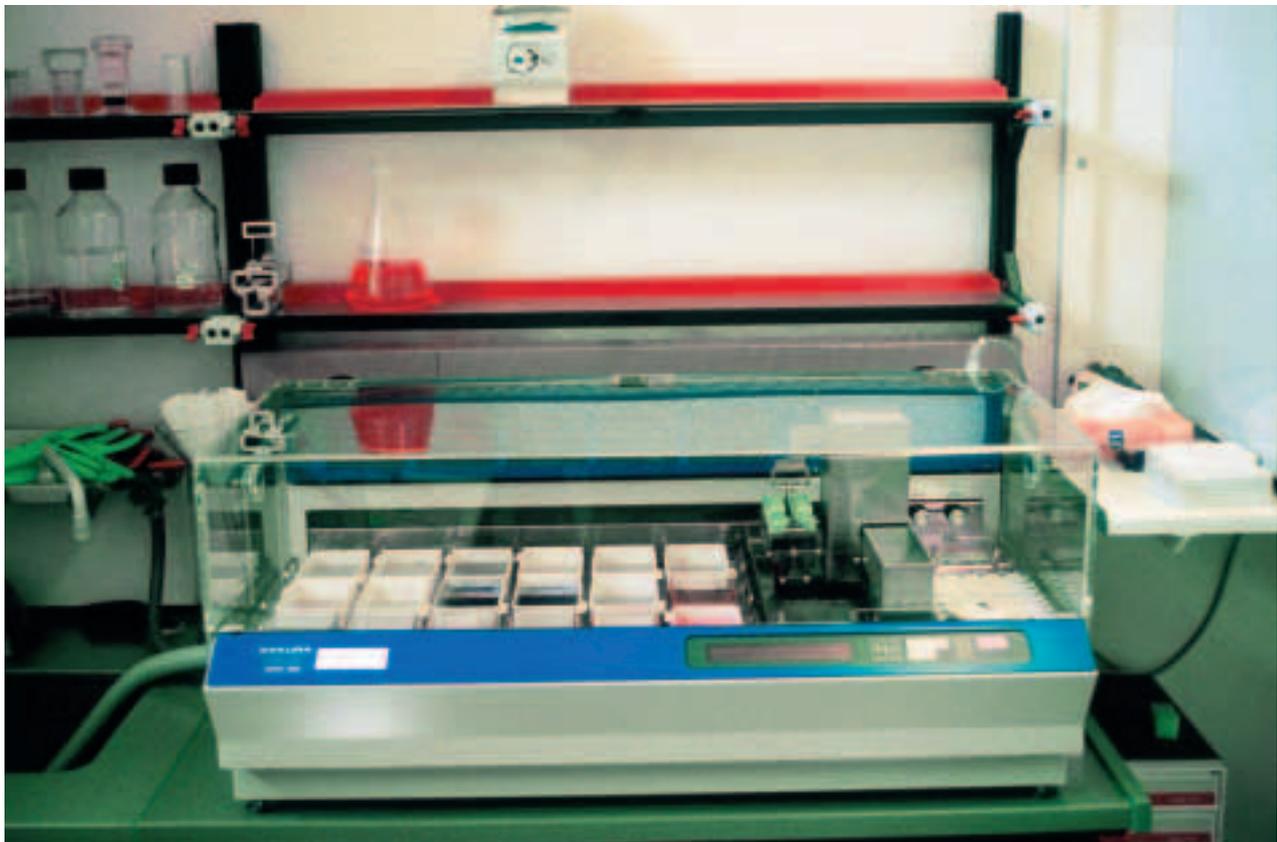


Abbildung 7  
Verwendung von geschlossenen oder halbgeschlossenen Systemen: Verringerung der Lösungsmittelexposition durch Schliessen des Färbeautomaten.

### 6.3 Histologielabor/Organische Lösungsmittel

Für Arbeitsvorgänge, bei denen organische Lösungsmittel verwendet werden, sollten möglichst geschlossene oder halbgeschlossene Systeme (Abb. 7) benützt werden (beispielsweise Entwässerung und Infiltration mit fettlösendem Mittel).

Das Eindecken von Präparaten, welches sowohl manuell als auch bei Verwendung von Eindeckautomaten erfahrungsgemäss zu grösseren inhalativen Belastungen mit Lösungsmitteln führt, soll in einer Kapelle oder an einem Arbeitsplatz mit wirksamer Quellenabsaugung erfolgen (Abb. 8).



Abbildung 8  
Eindeckautomat, zur Verringerung der Lösungsmittlexposition in Kapelle mit Ablufführung platziert.

Empfehlenswert sind sowohl Kapellen mit Absaugung als auch Filtergeräte. Bei Filtergeräten (Umluftkapellen mit Luftrückführung) ist die Wirksamkeit des Filters sowie die Ansauggeschwindigkeit der Luft im Bereich der Arbeitsöffnung regelmässig zu überprüfen.

In den Laboratorien sollten ausserhalb von speziellen Chemikalienschränken keine grösseren Lösungsmittelmengen aufbewahrt werden. Sie sollten auf den Tagesbedarf beschränkt bleiben. Alle Gefässe, welche organische Lösungsmittel enthalten, sind zu verschliessen.

Bezüglich der Brand- und Explosionsgefahr wird auf die Richtlinien der Eidgenössischen Koordinationskommission für Arbeitssicherheit (EKAS) «Chemische Laboratorien» (13) und «Brennbare Flüssigkeiten»(14) verwiesen.

## **6.4 Autopsieraum**

### **6.4.1 Technische Raumlüftung**

Bei der technischen Raumlüftung von Autopsieräumen sind folgende Anforderungen einzuhalten:

- Luftwechsel: Empfohlen wird ein mindestens 6-facher Luftwechsel pro Stunde. Die Luftwechselrate muss periodisch überprüft werden.
- Unterdruck: Der Autopsieraum soll gegenüber den umgebenden Räumen einen dauernden Unterdruck aufweisen, damit der Luftstrom von der Umgebung in den Autopsieraum gerichtet ist. Der Unterdruck im Autopsieraum soll periodisch, beispielsweise mit Rauchröhrchen, überprüft werden. Eine kontinuierliche Überwachung mit einem elektronischen System ist ebenfalls möglich.
- Luftführung: Es muss sichergestellt werden, dass sämtliche Teile des Autopsieraumes von der Luftzirkulation erfasst werden. Die Führung der Zu- und Abluft ist so zu konzipieren, dass die Belüftung von der Decke zum Boden gerichtet ist, damit bei der Autopsie freiwerdende Infektionserreger möglichst vom Atembereich der Mitarbeiter weggeführt werden.
- Abluftführung: Die Abluft der Autopsieräume soll grundsätzlich in einen ungefährlichen Bereich nach aussen geführt werden. Die Führung über einen HEPA-Filter (High Efficiency Particulate Air) oder einen Filter der Klasse H nach EN 60335-2-69 ist zu empfehlen. Wenn ausnahmsweise eine Abluftführung nach aussen nicht oder nur teilweise möglich ist, muss eine Kontamination der Lüftungsanlage beispielsweise durch

Mykobakterien des Tuberkulosekomplexes verhindert werden, d. h. die rückgeführte Luft ist zwingend über HEPA-Filter oder einen Filter der Klasse H nach EN 60335-2-69 zu leiten. Die Wirksamkeit der Filter ist mindestens jährlich durch Fachleute zu überprüfen. Diese haben bei der Prüfung oder beim Wechsel des Filters die erforderlichen Schutzmaßnahmen zu beachten.

- Die Flächen der Autopsieräume sollen leicht zu reinigen und zu desinfizieren sein.

- Bei der Verwendung von elektrischen Sägen mit Aerosolbildung wird die Verwendung einer Quellenabsaugung empfohlen (Abb. 9).



Abbildung 9  
Verringerung der Aerosolbildung bei Verwendung einer elektrischen Säge mit Lokalabsaugung im Autopsiebereich.

## 6.4.2 Organisatorische Massnahmen

- Zutrittsregelung: Der Zutritt in die Autopsieräume soll klar geregelt und auf ein Minimum beschränkt werden. Für Zuschauer gelten die gleichen Schutzmassnahmen wie für das Personal.
- Kennzeichnung des Autopsieraumes: Die erforderlichen Schutzmassnahmen für Mitarbeitende und Zuschauer sollen klar ersichtlich dargestellt werden.
- Die Autopsietechnik ist so zu gestalten, dass Stich- und Schnittverletzungen möglichst vermieden werden können. Ein Instrumententransfer sollte unterbleiben.
- Instrumente, die während der Autopsie verwendet worden sind, sollen vor der mechanischen Reinigung zuerst in ein Desinfektionsmittel eingelegt werden. Empfohlen wird Natriumhypochlorit (Eau de Javel). Das Instrumentarium ist anschliessend entweder chemisch oder thermisch zu desinfizieren.
- Autopsietisch, kontaminierte Flächen und Fussboden sind nach der Autopsie zu desinfizieren und zu reinigen.
- Die Hygienemassnahmen sind in einem Hygieneplan schriftlich festzuhalten.
- Für Autopsien, bei denen ein Uebertragungsrisiko von Krankheiten aus dem Komplex der transmissiblen spongiformen Encephalopathien als möglich erachtet wird, wie die Creutzfeldt-Jakob-Krankheit, sind spezielle Massnahmen für die Desinfektion von Instrumenten und Flächen zu planen und durchzuführen. Für die Flächendesinfektion werden Natriumhypochlorit oder jodhaltige Desinfektionsmittel empfohlen. Sofern keine Einwegmaterialien zur Verfügung stehen, sind die Instrumente gemäss den Empfehlungen der SWISS-NOSO zu desinfizieren und anschliessend bei 134 ° während 18 Minuten zu sterilisieren. Für Einzelheiten wird auf die CJK-Verordnung und die Spezialliteratur verwiesen (11).

## 6.4.3 Personenbezogene Schutzmassnahmen

- Während Autopsien sind spezielle Schutzkleider zu tragen. Sie sollen nur innerhalb des Autopsieraumes verwendet und gesondert von den übrigen Kleidern aufbewahrt werden. An Körperstellen, an denen Durchnässungsgefahr besteht, muss die Kleidung wasserundurchlässig sein. Auch wasserdichte Schuhe/Stiefel sind erforderlich.

- Als Schutz gegenüber Spritzern und Aerosolen sollen eine Schutzbrille oder ein Schutzschild sowie eine Atemschutzmaske der Schutzstufe mindestens P2 getragen werden (Abb. 10).



Abbildung 10 a-c  
Atemschutzmasken vom Typ FFP2  
(gemäss Euronorm EN 149).



Abbildung 11 a-c  
Atemschutzmasken vom Typ FFP3  
(gemäss Euronorm EN 149).

- Während der Autopsie sind geeignete flüssigkeitsdichte Schutzhandschuhe zu tragen. Defekte Handschuhe sind zu wechseln. Nach dem Ausziehen der Schutzhandschuhe und nach Beendigung der Tätigkeit im Autopsieraum sind die Hände zu waschen und zu desinfizieren.
- Es ist festzulegen, bei welchen Tätigkeiten welcher Handschuhtyp zu verwenden ist. Grundsätzlich sollen keine gepuderten, allergenreichen Latexhandschuhe verwendet werden. Wenn möglich sind latexfreie Handschuhe einzusetzen. Arbeitnehmenden mit bekannter atopischer Disposition oder vorbestehendem Handekzem sollen generell latexfreie Handschuhe zur Verfügung gestellt werden. Bezüglich des Problems der Latexallergie wird auf die Suva-Publikation «Latexallergie: Gefährdung und Schutzmassnahmen am Arbeitsplatz» verwiesen (20).
- Bei Arbeiten mit einem erhöhten Schnittisiko wird das Tragen von speziellen Schutzhandschuhen mit vermehrter Schnittfestigkeit empfohlen. Diese bestehen beispielsweise aus Aramidfasergewebe (Kevlar) (Abb. 12). Bei Autopsien, bei denen ein besonderes Risiko für blutübertragbare Infektionen vorauszusehen ist, sollten Schutzhandschuhe mit erhöhter Schnitt- und Stichbeständigkeit (Schutzhandschuh mit schuppenartig angeordneten Stahlplättchen auf waschbarem Innenhandschuh aus Kevlar) getragen werden (Abb. 13).
- Assistenzpersonal und Zuschauende sind in gleicher Weise zu schützen.
- Wie das übrige Personal in pathologisch-anatomischen Instituten und Histologielaboratorien sind auch die Arbeitnehmenden im Autopsiebereich gegen Hepatitis B zu impfen.



Abbildung 12 a und b  
Handschuhe aus Aramidfasern (Kevlar) zur Verringerung  
des Risikos von Schnittverletzungen.



Abbildung 13  
Schutzhandschuhe aus Kevlar mit erhöhter Schnitt- und  
Stichfestigkeit. Innenfläche zusätzlich mit Stahlplättchen verstärkt.

## 6.5 Besondere Arbeitsplätze

### 6.5.1 Chemikalienräume

Detaillierte Vorschriften für die geeignete Bauweise und Ausrüstung von Chemikalienräumen sind den EKAS Richtlinien 1825 «Brennbare Flüssigkeiten» (14) und 1871 «Chemische Laboratorien» (13) zu entnehmen. Wir möchten an dieser Stelle lediglich auf die folgenden wichtigen Punkte hinweisen:

- Für genügende natürliche oder künstliche Lüftung ist zu sorgen. Dies gilt insbesondere, wenn brennbare Lösungsmittel gelagert und umgefüllt werden.
- Grössere Mengen von Chemikalien, die über den Tagesbedarf hinausgehen, sind in separaten Räumen, die als solche bezeichnet sind, aufzubewahren.
- Die Gebinde sind zu kennzeichnen.
- Unter Hahnen, Zapfstellen und Pumpen sind Auffangbehälter oder Auffangschalen anzubringen.
- Behälter, Pumpen, Rohre und Trichter sind, sofern dies zur Vermeidung gefährlicher Potenzialdifferenzen nötig ist, elektrisch leitend so miteinander zu verbinden und zu erden, dass keine solchen Potenzialdifferenzen auftreten können.
- Die elektrischen Betriebsmittel und Installationen müssen hinsichtlich des Explosionsschutzes den geltenden Vorschriften entsprechen.

### 6.5.2 Umgang mit Acrylatsystemen

- Arbeiten mit Acrylatsystemen sind in Kapellen mit einer wirksamen Lüftung auszuführen. Es wird auf die Richtlinien der EKAS «Chemische Laboratorien» verwiesen (13).
- Direkte Hautkontakte zu Acrylaten sind zu vermeiden.
- Wenn solche Hautkontakte möglich sind, müssen geeignete Schutzhandschuhe getragen werden. Es ist zu beachten, dass übliche Schutzhandschuhe, beispielsweise aus Latex, durch Acrylate in kurzer Zeit penetriert werden und damit nur einen sehr kurzdauernden Schutz bieten können. Bei längerdauernden Kontakten zu Methacrylaten sind deshalb geeignetere Schutzhandschuhe wie Folienhandschuhe oder allenfalls Schutzhandschuhe aus Nitrilkautschuk zu tragen.

### 6.5.3 Umgang mit Osmiumtetroxid

- Die Präparation von Osmiumtetroxidlösungen und die Verarbeitung der Gewebeschnitte ist in Kapellen mit einer wirksamen Lüftung vorzunehmen.
- Bei kurzzeitigen Arbeiten ist das Tragen einer geeigneten Atemschutzmaske zu empfehlen.

### 6.5.4 Umgang mit Uranylacetat

- Für den Umgang mit Uranylacetat ist eine Bewilligung des Bundesamtes für Gesundheit erforderlich, da es sich um eine radioaktive Substanz handelt.
- Uransalze dürfen bis maximal 5 g gehandhabt und gelagert werden
- Aufgrund der Radioaktivität haben Arbeiten mit Uranylacetat in geeigneten Auffangschalen, z. B. Fotoschalen, zu erfolgen.
- Abfälle in fester oder gelöster Form sind separat aufzubewahren und vorschriftsgemäss zu entsorgen.
- Vorratsgefässe, Fotoschalen und Entsorgungsgefässe sind mit einem Gefahrenzeichen für radioaktive Stoffe zu kennzeichnen. Es wird auf das Strahlenschutzgesetz vom 22. März 1991 und die Strahlenschutzverordnung vom 22. Juni 1994 verwiesen.
- Beim Umgang mit Uranylacetat sollen geeignete Schutzhandschuhe getragen werden. Nach dem Ausziehen der Schutzhandschuhe sind die Hände zu reinigen.
- Verschlussene Vorrats- und Entsorgungsgefässe sind in abschliessbaren Schränken aufzubewahren.

### 6.5.5 Besondere Arbeitsstoffe für immunhistochemische Untersuchungen

Für immunhistochemische Untersuchungen werden als chromogene Substrate u. a. DAB (3,3'-Diaminobenzidin) und AEC (3-Amino-9-Ethylcarbazol) verwendet. 3,3'-Diaminobenzidin wird in der Publikation «Grenzwerte am Arbeitsplatz» als karzinogen eingestuft; für 3-Amino-9-Ethylcarbazol liegen aus in vitro und aus Tierversuchen Anhaltspunkte für eine krebserzeugende Wirkung vor. Direkte Kontakte zu den beiden Stoffen sind deshalb zu vermeiden und die Exposition sollte auf ein Mindestmass verringert werden.

## 6.6 Allgemeine Empfehlungen

- Die Arbeitnehmenden sind über mögliche Risiken durch chemische Arbeitsstoffe und Erreger von Infektionskrankheiten zu informieren.
- Für die persönliche Hygiene sind die nötigen Waschgelegenheiten einzurichten.
- Hautschutz-, Hautreinigungs- und Hautpflegemittel sind zur Verfügung zu stellen.
- In Laborräumlichkeiten und Autopsieräumen soll weder gegessen, getrunken noch geraucht werden.

# 7. Personalärztliche Massnahmen

## 7.1 Eintrittsuntersuchungen

Arbeitnehmende sind vor Antritt ihrer Tätigkeit in einem pathologisch-anatomischen Institut personalärztlich zu untersuchen.

Bei Eintritt von Personen, die im Autopsiebereich tätig sind, ist ein Tuberkulintest erforderlich (Abb. 14). Für die anderen Arbeitnehmenden, die in pathologisch-anatomischen Instituten und histologischen Laboratorien beschäftigt werden, wird ein Tuberkulintest bei Eintritt empfohlen.



Abbildung 14  
Tuberkulintestung.

## 7.2 Weitere personalärztliche Untersuchungen

Das Intervall und der Umfang dieser Untersuchungen richtet sich nach der Gefährdung, insbesondere auch dem Infektionsrisiko und der Beurteilung der Personalärztin/des Personalarztes.

Tuberkulintests sind für Beschäftigte im Autopsiebereich in mindestens jährlichen Intervallen zu wiederholen. Bei Arbeitnehmenden, bei denen ein Tuberkulintest mit einem Querdurchmesser von 10 mm oder mehr bekannt ist, soll eine Wiederholung grundsätzlich nur in Ausnahmefällen (z. B. massive Exposition) durchgeführt werden.

Bei Beschäftigten in pathologisch-anatomischen Instituten und Histologie-laboratorien ohne Einsatz im Autopsiebereich sind weitere Tuberkulintests lediglich im Rahmen einer postexpositionellen Abklärung angezeigt.

Wenn bei einer Kontrolluntersuchung der Querdurchmesser der palpierbaren Induration gegenüber der Vortestung um mehr als 10 mm zugenommen hat, ist eine Konversion anzunehmen, unabhängig davon, ob die betreffende Person BCG-geimpft ist oder nicht. Eine weitere Abklärung wird damit unerlässlich.

Für weitere Informationen bezüglich personalärztlicher Massnahmen zur Verhütung einer berufsbedingten Tuberkulose wird auf die Suva-Publikation «Tuberkulose am Arbeitsplatz – Gefährdung und Prävention» (18) verwiesen.

## 7.3 Schutzimpfungen

Sind Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer gegen einen Mikroorganismus, mit dem sie umgehen oder dem sie ausgesetzt sein könnten, noch nicht immun, müssen sie gemäss Artikel 14 der SAMV auf Veranlassung und Kosten des Arbeitgebers eine wirksame Impfung erhalten, wo dies möglich und sinnvoll ist (10). Aufgrund der Bestimmungen des Unfallversicherungsgesetzes (UVG) und der zugehörigen Verordnung über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten (VUV) können Arbeitnehmende allerdings nicht zu einer Schutzimpfung gezwungen werden. Der Arbeitgeber ist jedoch verpflichtet, Arbeitnehmende nur in Bereichen einzusetzen, in welchen keine besondere Gefährdung besteht.

Alle Beschäftigten im Gesundheitswesen, also auch in pathologisch-anatomischen Instituten und Histologielaboratorien, bei denen Kontaktmöglichkeiten mit Blut und Körperflüssigkeiten bestehen, sind gegen Hepatitis B zu impfen.

Im Rahmen des Arbeitnehmerschutzes ist es angezeigt, 1 Monat nach der Grundimmunisierung, d. h. nach Verabreichung von drei Impfstoffdosen, den Anti-HBs-Antikörper-Titer zu bestimmen. Responder, d.h. Personen, mit einem Anti-HBs-Antikörper-Titer von mehr als 100 IE/l, benötigen weder weitere serologische Kontrollen noch spätere Auffrischimpfungen.

Personen, die nach der Grundimmunisierung einen Anti-HBs-Antikörper-Titer von weniger als 100 IE/l (Hypo-responder) oder weniger als 10 IE/l (Non-Responder) aufweisen, sind mit einer Zusatzdosis nachzuimpfen. Ergibt eine erneute, einen Monat später durchgeführte Titerkontrolle einen Wert von über 100 IE/l, ist die Impfantwort genügend. Liegt das Ergebnis weiterhin unter 100 IE/l, muss dasselbe Vorgehen in Abständen von 6–12 Monaten wiederholt werden. Bleibt die Immunantwort nach der Grundimmunisierung und insgesamt drei Zusatzdosen unter 50 IE/l, sollte die Indikation für zusätzliche Impfdosen individuell gestellt werden. Lassen sich nach der ersten Zusatzdosis überhaupt keine Anti-HBs-Antikörper nachweisen, so muss abgeklärt werden, ob nicht eine HBV-Infektion vorbesteht.

Non-Responder sind über ihr erhöhtes Hepatitis B-Risiko zu informieren und bezüglich sicherer Arbeitstechniken zu beraten. Für weitere Informationen über die Hepatitis B-Impfung wird auf die Suva-Publikationen «Verhütung blutübertragbarer Infektionen im Gesundheitswesen» (15) und «Impfungen des Personals im Gesundheitswesen» (19) verwiesen. Eine BCG-Impfung wird nicht empfohlen. Mit einer Risikobeurteilung ist abzuklären, ob die Gefahr weiterer Infektionskrankheiten besteht und sich daraus die Notwendigkeit zusätzlicher Schutzimpfungen ergibt.

Die Kosten für Schutzimpfungen zur Verhütung beruflicher Infektionskrankheiten gehen gemäss Verordnung über den Schutz der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer vor Gefährdung durch Mikroorganismen (SAMV) Artikel 14 zu Lasten des Arbeitgebers (10).

## **7.4 Personalärztliche Massnahmen nach Expositionen mit infektiösem Material**

Das Vorgehen nach Expositionen mit infektiösem Material, beispielsweise durch direkten Hautkontakt, durch Spritzer auf Konjunktiven oder Schleimhäute sowie durch Stich- und Schnittverletzungen, richtet sich nach dem vermuteten Erreger und dem Ereignis. Solche Ereignisse müssen gemäss SAMV schriftlich erfasst werden. Die Dokumentation ist mindestens 10 Jahre lang aufzubewahren (10).

### **7.4.1 Gefährdung durch blutübertragbare Infektionskrankheiten**

Die personalärztlichen Massnahmen nach Zwischenfällen, bei denen ein Infektionsrisiko durch Blut oder biologische Flüssigkeiten gegeben ist, sind in der Suva-Publikation «Verhütung blutübertragbarer Infektionen im Gesundheitswesen» (15) eingehend beschrieben. Eine aktualisierte Beschreibung der HIV-Postexpositionsprophylaxe ist auch unter [www.hivpep.ch](http://www.hivpep.ch) zu finden. Bei Zwischenfällen, bei denen ein Infektionsrisiko gegeben ist, soll nach den Sofortmassnahmen unverzüglich die Personalärztin/der Personalarzt konsultiert werden.

Nach einem Zwischenfall sind folgende Sofortmassnahmen zu treffen:

- Nach Stich- und Schnittverletzungen durch Instrumente, die mit Blut oder biologischen Flüssigkeiten kontaminiert sind, ist die betroffene Stelle sofort mit Wasser und Seife zu waschen und anschliessend zu desinfizieren, beispielsweise mit Alkoholen.
- Nach Spritzern auf Schleimhäute sollen diese sofort reichlich mit einer physiologischen Flüssigkeit oder Wasser gespült werden.
- Bei Expositionen lädierter Haut mit Blut oder biologischen Flüssigkeiten soll diese mit Wasser und Seife gewaschen und anschliessend desinfiziert werden.
- Bei Kontaminationen von Arbeits- und Oberflächen soll die kontaminierte Stelle mit einem Einwegtuchlappen oder saugendem Papier gereinigt und anschliessend desinfiziert werden. Zur Reinigung sollen flüssigkeitsdichte Handschuhe getragen werden.

Die wichtigsten weiteren Massnahmen sind:

- Meldung bei der Personalärztin/dem Personalarzt
- Beurteilung des Schweregrades der Exposition. Für Details wird auf die oben erwähnte Publikation verwiesen.
- Sofern eine signifikante Exposition gegenüber HIV erfolgt ist oder vermutet wird, sollte umgehend eine HIV-Postexpositionsprophylaxe in die Wege geleitet werden.
- Nachweis der Infektiosität des kontaminierenden Blutes oder der kontaminierenden biologischen Flüssigkeit (HIV, HBV, HCV).
- Kontrolle des Hepatitis B-Impfstatus des betroffenen Arbeitnehmenden.
- Serologie (HIV, HBV, HCV) sofort nach dem Zwischenfall als Ausgangspunkt der Beurteilung beim betroffenen Arbeitnehmenden.
- Information des betroffenen Beschäftigten über das Risiko einer Infektion, die Möglichkeit einer Virusübertragung während der Inkubationsperiode (Schwangerschaft, Laktation, Sexualkontakte, Blutspende), die Symptome einer allfälligen Primoinfektion mit HIV oder einer akuten Hepatitis B/C sowie die Risiken und Vorteile einer Postexpositionsprophylaxe.
- Die weiteren sekundären Präventionsmassnahmen wie die Weiterführung einer Postexpositionsprophylaxe gegen HIV, die passive Immunisierung gegen Hepatitis B und eine Impfung gegen Hepatitis B, sind je nach infektiösem Agens und Art der Exposition zu erwägen und durchzuführen.
- Psychologische Unterstützung der betroffenen Person.
- Dokumentation des Zwischenfalles: Der Zwischenfall ist gemäss SAMV Artikel 14 (10) in der Gesundheitsakte des betroffenen Arbeitnehmenden zu dokumentieren. Die Gesundheitsakte ist während 40 Jahren aufzubewahren. Der Zwischenfall soll ebenfalls in der betrieblichen Statistik der potenziell zu blutübertragbaren Infektionen führenden Ereignisse festgehalten werden.
- Anmeldung des Falles an den zuständigen UVG-Versicherer.
- Meldung des Zwischenfalles an die durch das Bundesamt für Gesundheit bezeichneten Referenzzentren für blutübertragbare Infektionen im Gesundheitsbereich mittels des entsprechenden Formulars.
- Die Institution hat zu beurteilen, ob sich aufgrund des Zwischenfalles Massnahmen aufdrängen, um ähnliche Ereignisse in Zukunft zu vermeiden.

- Überprüfen einer Serokonversion gegenüber HIV, HBV und HCV nach 3 und 6 Monaten. Bestimmung der Transaminasen nach 2, 3 und 6 Monaten zur Aufdeckung seronegativer HCV-Infektionen. Bei Anstieg der Transaminasen Bestimmung der HCV-RNA mittels PCR sowie bei akuter Hepatitis C Erwägen einer antiviralen Behandlung. In jedem Fall, in dem aufgrund der klinischen Kriterien eine Infektion vermutet wird, ist ebenfalls eine Serologie durchzuführen (HIV-Serologie inkl. p24-Antigen; serielle Anti-HCV-Bestimmung; HBs-Antigen und Anti-HBc-Antikörper).

#### **7.4.2 Expositionen gegenüber Mykobakterien des Tuberkulosekomplexes**

Bezüglich der personalärztlichen Massnahmen nach Expositionen gegenüber Mykobakterien des Tuberkulosekomplexes wird auf die Publikation «Tuberkulose am Arbeitsplatz – Gefährdung und Prävention» der Suva (18) verwiesen.

Die wichtigsten Massnahmen sind:

- Nach einer Exposition gegenüber Mykobakterien des Tuberkulosekomplexes ist ein Tuberkulintest entweder 6 Wochen nach der letzten Exposition oder sofort nach Exposition mit allfälliger Wiederholung nach 2 Monaten durchzuführen. Damit das Ergebnis der Tuberkulintestung richtig interpretiert werden kann, ist die unter Abschnitt 7.1 beschriebene Tuberkulintestung bei der Eintrittsuntersuchung unerlässlich.
- Wenn bei einer Kontrolluntersuchung der Querdurchmesser der palpierbaren Induration um mehr als 10 mm gegenüber der Vortestung zugenommen hat, ist eine Konversion anzunehmen, unabhängig davon, ob die betreffende Person BCG-geimpft ist oder nicht. Eine weitere Abklärung (klinischer Befund, Thoraxröntgenaufnahme) wird damit unerlässlich.
- Eine präventive Chemotherapie ist dann angezeigt, wenn eine frische Tuberkulintestkonversion vorliegt oder wenn eine Tuberkulinreaktion mit Induration von mehr als 10 mm Querdurchmesser vorliegt, sofern vorher keine Tuberkulintestung durchgeführt worden ist und damit die Frage einer Konversion nicht eindeutig geklärt werden kann (unabhängig vom BCG-Status).
- Eine präventive Chemotherapie ist auch dann angezeigt, wenn bei regelmässig mit Tuberkulin getesteten Beschäftigten (Autopsiebereich) eine Zunahme der Tuberkulinreaktion, also der palpierbaren Induration, um mehr als 10 mm im Querdurchmesser festgestellt wird, auch wenn das Thoraxröntgenbild normal ist.

- Während der präventiven Chemotherapie, die gemäss den Empfehlungen der Lungenliga Schweiz durchzuführen ist, sind die Arbeitnehmenden durch klinische Untersuchungen und Laborkontrollen zu überwachen. Bei schwangeren Arbeitnehmerinnen ist eine präventive Chemotherapie in der Regel erst nach erfolgter Geburt einzuleiten.

### **7.4.3 Expositionen gegenüber andern pathogenen Mikroorganismen**

Art und Umfang der klinischen und serologischen Untersuchungen sowie weiterer Abklärungen sind je nach Situation durch die Personalärztin/den Personalarzt in Zusammenarbeit mit dem Leiter des Instituts und dem Sicherheitsbeauftragten festzulegen.

### **7.4.4 Gesundheitsakte für die Arbeitnehmenden**

Für Arbeitnehmende mit Umgang oder Exposition gegenüber pathogenen Mikroorganismen sind die Bestimmungen der SAMV zu beachten (10). Für Arbeitnehmende in pathologisch-anatomischen Instituten und histologischen Laboratorien dient die Gesundheitsakte vor allem zum Festhalten des Immunitätsstatus der Mitarbeiter, der durchgeführten Impfungen sowie der medizinischen Untersuchungsergebnisse bei Unfällen und Zwischenfällen.

Gemäss Art. 14 der SAMV hat der Arbeitgeber zu veranlassen, dass für jede Arbeitnehmerin und jeden Arbeitnehmer, für die oder den besondere arbeitsmedizinische Schutzmassnahmen erforderlich sind, der beigezogene Arbeitsarzt, Betriebs- oder ein Vertrauensarzt eine besondere Gesundheitsakte führt.

In der Gesundheitsakte sind folgende Daten festzuhalten:

- Grund für die besonderen arbeitsmedizinischen Schutzmassnahmen
- Untersuchungen zum Immunitätsstatus der Arbeitnehmerin/des Arbeitnehmers
- Durchgeführte Impfungen
- Medizinische Untersuchungsergebnisse bei Unfällen und Zwischenfällen oder andern Expositionen gegenüber Mikroorganismen sowie bei begründetem Verdacht auf eine bei der beruflichen Tätigkeit erworbene Infektionskrankheit

Für die Aufbewahrung der Gesundheitsakte gelten die gleichen Bestimmungen wie für die Aufbewahrung des Verzeichnis der betroffenen Arbeitnehmenden nach Art. 13 SAMV.

## **7.5 Beschäftigung von schwangeren Arbeitnehmerinnen**

Mitarbeiterinnen im gebärfähigen Alter sind bei Stellenantritt über allfällige arbeitsplatzbezogene Gefahren während einer Schwangerschaft zu orientieren. Wird eine Schwangerschaft vermutet oder nachgewiesen, soll dies die Mitarbeiterin umgehend dem Personalarzt oder dem Vorgesetzten mitteilen, damit allfällige Risiken bei der weiteren Beschäftigung beurteilt und besprochen werden können.

Die Sonderschutzvorschriften für schwangere Frauen und stillende Mütter sind im Arbeitsgesetz vom 13. März 1964/Stand am 2. August 2000 (5), der Verordnung 1 zum Arbeitsgesetz vom 10. Mai 2000 (7) und der Verordnung des EVD vom 20. März 2001 über gefährliche und beschwerliche Arbeiten bei Schwangerschaft und Mutterschaft (Mutterschutzverordnung) (8) festgelegt. Nach Artikel 35 des Arbeitsgesetzes sind schwangere Frauen und stillende Mütter so zu beschäftigen und die Arbeitsbedingungen so zu gestalten, dass die Gesundheit von Mutter und Kind nicht beeinträchtigt wird. In der Verordnung 1 zum Arbeitsgesetz werden in Artikel 62 die gefährlichen und beschwerlichen Arbeiten bei Schwangerschaft und Mutterschaft aufgelistet und in Artikel 63 die Risikobeurteilung geregelt. Details für die Beurteilung der gefährlichen und beschwerlichen Arbeiten nach Artikel 62 ArGV 1 und zur Umschreibung der Stoffe, Mikroorganismen und Arbeiten mit einem hohen Gefahrenpotenzial für Mutter und Kind (Ausschlussgründe) nach Artikel 62 Absatz 4 ArGV 1 werden in der Verordnung des EVD geregelt. In Artikel 16 der erwähnten Verordnung (8) werden die besonderen Beschäftigungsverbote für schwangere Frauen und stillende Mütter aufgelistet. Dies betrifft unter anderem Expositionen gegenüber Stoffen, die in der Grenzwertliste der Suva den Gruppen A, B und D bezüglich Fruchtschädigung zugeordnet werden. Für Fragen im Zusammenhang mit dem Einsatz von schwangeren oder stillenden Mitarbeiterinnen wird auf die zuständigen Durchführungsorgane des Arbeitsgesetzes (seco, kantonale Arbeitsinspektorate) verwiesen.

## 8. Versicherungsrechtliches

Gemäss Artikel 9 Absatz 1 des Bundesgesetzes über die Unfallversicherung (UVG) vom 20. März 1981 gelten «Krankheiten, die bei der beruflichen Tätigkeit ausschliesslich oder vorwiegend durch schädigende Stoffe oder bestimmte Arbeiten verursacht worden sind, als Berufskrankheiten. Der Bundesrat erstellt die Liste dieser Stoffe und Arbeiten sowie der arbeitsbedingten Erkrankungen».

In der Liste des Anhanges 1 der Verordnung über die Unfallversicherung (UVV) sind Infektionskrankheiten bei Arbeiten in Spitälern, Laboratorien, Versuchsanstalten und dergleichen als arbeitsbedingte Erkrankungen im Sinne von Artikel 9, Absatz 1 des Unfallversicherungsgesetzes aufgeführt. Somit wird eine Erkrankung durch pathogene Erreger in pathologisch-anatomischen Instituten dann als Berufskrankheit anerkannt, wenn sie mit Wahrscheinlichkeit vorwiegend auf die berufliche Tätigkeit zurückgeführt werden kann.

Auch Krankheiten, welche durch chemische Arbeitsstoffe verursacht worden sind, können gemäss Artikel 9, Absatz 1 des UVG als berufsbedingt anerkannt werden, wenn der verursachende Arbeitsstoff in der Liste des Anhanges 1 der Verordnung über die Unfallversicherung (UVV) enthalten ist; solche Stoffe sind unter anderem Formaldehyd, Xylol, Toluol sowie halogenierte organische Verbindungen (bspw. Tetrachlorethen und Trichlorethen). Auch hier kann die Berufskrankheit anerkannt werden, wenn die Erkrankung mit Wahrscheinlichkeit vorwiegend auf die berufliche Tätigkeit zurückzuführen ist. Andere Erkrankungen, deren Ursachen in der Liste der UVV nicht genannt werden, können nur dann als berufsbedingt anerkannt werden, wenn sie ausschliesslich oder stark überwiegend auf die berufliche Tätigkeit zurückzuführen sind (UVG Artikel 9, Absatz 2).

Die Leistungen der UVG-Versicherer entsprechen denjenigen bei Unfällen, da die Berufskrankheiten nach UVG Artikel 9 den Unfällen gleichgestellt sind. Für die Leistungen ist der UVG-Versicherer des entsprechenden pathologisch-anatomischen Institutes zuständig.

Eine plötzliche, nicht beabsichtigte schädigende Einwirkung eines ungewöhnlichen äusseren Faktors auf den menschlichen Körper, die eine Beeinträchtigung der körperlichen oder geistigen Gesundheit oder den Tod zur Folge hat, gilt gemäss Artikel 4 des Bundesgesetzes vom 6. Oktober 2000 über den Allgemeinen Teil des Sozialversicherungsrechts (ATSG) als Unfall (1). Sofern eine Infektionskrankheit als Folge eines Unfallereignisses (Stich, Schnitt, Spritzer auf Konjunktiven und Schleimhäute) auftritt, gilt sie als Unfallfolge. Die Dokumentation der kausalen Beziehung zwischen Unfallereignis und nachfolgender Infektionskrankheit ist somit im Interesse des betroffenen Arbeitnehmenden wichtig. Grundsätzlich ist in jedem Fall eines begründeten Verdachtes auf das Vorliegen einer Berufskrankheit und bei jedem Unfallereignis eine Meldung an den zuständigen UVG-Versicherer zu erstatten.

# 9. Literaturverzeichnis

## 9.1 Gesetzliche Bestimmungen

- 1) Bundesgesetz vom 6. Oktober 2000 über den allgemeinen Teil des Sozialversicherungsrechts (ATSG).
- 2) Bundesgesetz vom 20. März 1981 über die Unfallversicherung (UVG)
- 3) Verordnung vom 20. Dezember 1982 über die Unfallversicherung (UVV)
- 4) Verordnung vom 19. Dezember 1983 über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten (VUV)
- 5) Bundesgesetz vom 13. März 1964 über die Arbeit in Industrie, Gewerbe und Handel (Arbeitsgesetz, Stand am 2. August 2000)
- 6) Verordnung 3 vom 18. August 1993 zum Arbeitsgesetz (ArGV 3)
- 7) Verordnung 1 vom 10. Mai 2000 zum Arbeitsgesetz (ArGV 1)
- 8) Verordnung des EVD vom 20. März 2001 über gefährliche und beschwerliche Arbeiten bei Schwangerschaft und Mutterschaft (Mutterschutzverordnung)
- 9) Bundesgesetz vom 18. Dezember 1970 über die Bekämpfung übertragbarer Krankheiten des Menschen (Epidemiengesetz)
- 10) Verordnung vom 25. August 1999 über den Schutz der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer vor Gefährdung durch Mikroorganismen (SAMV)
- 11) Verordnung vom 20. November 2002 über die Prävention der Creutzfeldt-Jakob-Krankheit bei chirurgischen und medizinischen Eingriffen (CJKV)

## 9.2 Richtlinien und Empfehlungen

- 12) Eidgenössische Koordinationskommission für Arbeitssicherheit (EKAS):  
Richtlinie über den Beizug von Arbeitsärzten und anderen Spezialisten der Arbeitssicherheit  
Spezialrichtlinie Nr. 6508
- 13) Eidgenössische Koordinationskommission für Arbeitssicherheit (EKAS):  
Chemische Laboratorien  
Richtlinie 1871
- 14) Eidgenössische Koordinationskommission für Arbeitssicherheit (EKAS):  
Brennbare Flüssigkeiten  
Richtlinie 1825
- 15) Schweiz. Unfallversicherungsanstalt (Suva):  
Verhütung blutübertragbarer Infektionen im Gesundheitswesen.  
Reihe Arbeitsmedizin 2869/30

- 16) Schweiz. Unfallversicherungsanstalt (Suva):  
Verhütung blutübertragbarer Infektionen in medizinischen Laboratorien.  
Reihe Arbeitsmedizin 2869/19
- 17) Schweiz. Unfallversicherungsanstalt (Suva):  
Verhütung gesundheitlicher Gefahren bei der Desinfektion in Spital und Praxis.  
Reihe Arbeitsmedizin 2869/23
- 18) Schweiz. Unfallversicherungsanstalt (Suva):  
Tuberkulose am Arbeitsplatz: Gefährdung und Prävention.  
Reihe Arbeitsmedizin 2869/35
- 19) Schweiz. Unfallversicherungsanstalt (Suva):  
Impfungen des Personals im Gesundheitswesen.  
Reihe Arbeitsmedizin 2869/34
- 20) Schweiz. Unfallversicherungsanstalt (Suva):  
Latexallergie: Gefährdung und Schutzmassnahmen am Arbeitsplatz.  
Reihe Arbeitsmedizin 2869/33
- 21) Schweiz. Unfallversicherungsanstalt (Suva):  
Grenzwerte am Arbeitsplatz  
Bestell-Nr. 1903
- 22) Schweiz. Unfallversicherungsanstalt (Suva):  
Hautschutz.  
Reihe Schweiz. Blätter für Arbeitssicherheit Nr. 122 (SBA 122)
- 23) Schweiz. Unfallversicherungsanstalt (Suva):  
Persönliche Schutzausrüstungen. Eine Einführung für Arbeitgeber  
und Sicherheitsfachleute.  
Reihe Schweiz. Blätter für Arbeitssicherheit Nr. 153 (SBA 153)
- 24) Der Rat der Europäischen Gemeinschaften:  
Richtlinie des Rates über den Schutz der Arbeitnehmer gegen Gefährdung durch  
biologische Arbeitsstoffe bei der Arbeit vom 26. November 1990 (90/679/EWG),  
Änderung dieser Richtlinie vom 12. Oktober 1993 (93/88/EWG),  
neue Richtlinie 2000/54/EU

### 9.3 Auswahl weiterer Literatur

- 25) Akbar-Khanzadeh F., Vaquerano M.U., Akbar-Khanzadeh M., Bisesi M.S.:  
Formaldehyde exposure, acute pulmonary response and exposure control in a gross anatomy laboratory.  
Am J Ind Med 26: 61 – 75 (1994)
- 26) Barrett T., Berkley R.N., Renteln H.A.:  
Tuberculous infection associated with tissue processing.  
MMWR 30: 73 – 74 (1981)
- 27) Blair A., Saracci R., Stewart P.A., Hayes R.B., Shy C.:  
Epidemiologic evidence on the relationship between formaldehyde exposure and cancer.  
Scand J Work Environ Health 16: 381 – 93 (1990)
- 28) Clark R.P.:  
Formaldehyde in pathology departments.  
J Clin Pathol 36: 839 – 846 (1983)
- 29) Coldiron V.R., Ward J.B., Trieff N.M., Janssen H.E., Smith J.H.:  
Occupational Exposure to Formaldehyde in a Medical Center Autopsy Service.  
J Occup Med 25: 544 – 548 (1983)
- 30) Crist N.R., Emslie J.A.:  
Infections in British Clinical Laboratories.  
J Clin Pathol 40: 826 – 829 (1987)
- 31) Eickmann U.:  
Modellierung der Formaldehydbelastung bei Arbeiten im Gesundheitsdienst.  
Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 63: 325 – 330 (2003)
- 32) Glauser P.W., Ruppert R., Meister F.P.:  
Über die die Gefahren beim Sägen von Knochen im Autopsiebetrieb.  
Der Präparator 40: 143 – 147 (1994).
- 33) Hall A., Harrington J.M., Aw T.C.:  
Mortality study of British pathologists.  
Am J Ind Med 20: 83 – 99 (1991)
- 34) Hayen H., Vogel M., Karst U.:  
Recent developments in the determination of formaldehyde in air samples using derivating agents.  
Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 63: 295 – 298 (2003)
- 35) Hiipakka D.W., Dyrdaahl K.S., Cardenas M.G.:  
Successful Reduction of Morticians' Exposure to Formaldehyde during Embalming Procedures.  
Am Ind Hyg Assoc J 62: 689 – 696 (2001)
- 36) Hofmann F.:  
Infectious diseases – an occupational hazard for health care workers.  
In: Occupational Health for Health Care Workers.  
Ecomed Verlag S. 113 – 121 (1993).
- 37) Institut National de Recherche et de Sécurité INRS:  
Risques biologiques: Maladie de Creutzfeldt-Jakob.  
Document pour le médecin du travail Nr. 85, 101 – 105 (2001)
- 38) International Agency for Research on Cancer IARC:  
Formaldehyd.  
IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, volume 62:  
217 – 375 (1995)

- 39) Jost M., Wolf R., Reber E., Rüggeger M., Liechti B.:  
Exposure to Formaldehyde and Organic Solvents in Histology Laboratories.  
In: Occupational Health for Health Care Workers.  
Ecomed Verlag, S. 235 – 241 (1993).
- 40) Kantor H.S., Poblete R., Pusateri S.L.:  
Nosocomial transmission of tuberculosis from unsuspected disease.  
American Journal of Medicine 84: 833 – 838 (1988)
- 41) Kellner R., Thullner I., Funk D., Hallek B., Franke U. et al.:  
Formaldehydexpositionen in Pathologien und Anatomien.  
Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 63: 299 – 308 (2003)
- 42) Kilburn K.H., Seidman B.C., Warshaw R.:  
Neurobehavioural and Respiratory Symptoms of Formaldehyde and Xylene Exposure  
in Histology Technicians.  
J Occup Med 40: 229 – 233 (1985)
- 43) Kilburn K.H., Warshaw R., Boylen C.T., Johnson S.J.S., Seidman B.C., Sinclair R.,  
Takaro T.:  
Pulmonary and Neurobehavioural Effects of Formaldehyde Exposure.  
J Occup Med 40: 254 – 260 (1985)
- 44) Kilburn K.H., Warshaw R., Thornton J.C.:  
Formaldehyde Impairs Memory, Equilibrium, and Dexterity in Histology Technicians:  
Effects Which Persist for Days after Exposure.  
J Occup Med 42: 117 – 120 (1987)
- 45) Kilburn K.H., Warshaw R., Thornton J.C.:  
Pulmonary function in histology technicians compared with women from Michigan:  
effects of chronic low dose formaldehyde on a national sample of women.  
Brit J Ind Med 46: 468 – 472 (1989)
- 46) Korczynski R.E.:  
Formaldehyde exposure in the funeral industry.  
Appl Occup Environ Hyg 9 (8) (1994).
- 47) Kwong F., Kraske G., Nelson A.M., Klaustermeyer W.B.:  
Acute Symptoms Secondary to Formaldehyde Exposure in a Pathology Resident.  
Ann Allerg 50: 326 – 328 (1983)
- 48) Le Coz C.-J. et al.:  
An epidemic of occupational contact dermatitis from an immersion oil for microscopy  
in laboratory personnel.  
Contact Dermatitis 40: 77 – 83 (1999)
- 49) Lundgren R., Norrman E., Asberg I.:  
Tuberculosis infection transmitted at autopsy.  
Tubercle 68: 137 – 150 (1987)
- 50) Menzies D., Fanning A., Yuan L., Fitzgerald J.M. et al.:  
Factors Associated with Tuberculin Conversion in Canadian Microbiology and  
Pathology Workers.  
Am J Respir Care Med 167: 599 – 609 (2003)
- 51) Neumann H.D., Wichmann H.E., Rosenlehner R.:  
Gesundheitsrisiken bei Arbeiten in pathologischen Laboratorien.  
Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed 31: 107-112 (1996)
- 52) Nordmann H., Keskinen H., Tuppurainen M.:  
Formaldehyde asthma - Rare or overlooked?  
J Allergy Clin Immunol 75: 91 – 99 (1985)

- 53) O'Briain D.S.:  
Patterns of Occupational Hand Injury in Pathology.  
Arch Pathol Lab Med 115: 610 – 613 (1991)
- 54) Reid D.D.:  
Incidence of tuberculosis among workers in medical laboratories  
Brit Med J 2: 10 – 14 (1957)
- 55) Roe F.J.C., Wood D.:  
Acetaldehyde and Formaldehyde: Is There a Cancer Risk for Man?  
Indoor Environ 1: 8 – 15 (1992)
- 56) Ruef C., Pittet D., Swiss-NOSO CJD-Task-Force:  
Prävention der Nosokomialen Übertragung der Creutzfeldt-Jakob-Krankheit –  
Neue Herausforderungen und neue Empfehlungen  
Swiss-NOSO 8: 9 – 13 (2001)
- 57) Schulze H.D., Winter C.D., Deutschmann E.:  
Beitrag zur Herabsetzung des expositionellen Risikos gegenüber Formaldehyd im  
Biopsie-Labor.  
Z Gesamte Hyg 33: 645 – 647 (1987)
- 58) Sethre T., Läubli T., Berode M., Krüger H.:  
Neurobehavioural effects of experimental isopropanol exposure.  
Int Arch Occup Environ Health 73: 150 – 112 (2000)
- 59) Sterling T.R., Pope D.S., Bishai W.R., Harrington S., Gershon R.R., Chaisson R.E.:  
Transmission of mycobacterium tuberculosis from a cadaver to an Embalmer  
New Engl J Med 246: 246 – 248 (2000)
- 60) Templeton G.L. et al.:  
The risk for transmission of mycobacterium tuberculosis at the bedside and during  
autopsy.  
Ann Intern Med 122: 922 – 925 (1995)
- 61) Vitale-Sethre T., Läubli T.:  
Arbeiten mit Lösungsmitteln auf der Basis des Zitruschalenöls.  
Illustrierte Zeitschrift für Arbeitssicherheit 1: 9 – 10 (2000)
- 62) Wegscheider W.:  
Messtechnische Untersuchungen in formaldehydbelasteten Arbeitsbereichen  
des Gesundheitswesens.  
Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 63: 309 – 315 (2003)
- 63) Public Health Laboratory Service:  
Occupational Transmission of Bloodborne Viruses.  
[www.phls.co.uk](http://www.phls.co.uk)

Bestellnummer: 2869/25.d