

# Formaldehydexpositionen in Pathologien und Anatomien

R. Kellner, I. Thullner, D. Funk, B. Hallek, U. Franke, R. Radtke, H.-D. Neumann, T. Overmann

## 1 Einleitung

Formaldehyd wird im Gesundheitsdienst in wässriger Lösung bei der Flächen- und Instrumentendesinfektion sowie in der Anatomie und Pathologie zur Fixierung von Präparaten und Geweben intensiv verwendet. Zum Schutz der Beschäftigten besteht derzeit ein verbindlicher Luftgrenzwert für Formaldehyd (MAK-Wert) in Höhe von  $0,62 \text{ mg/m}^3$  mit einer Spitzenbegrenzung Faktor =1= [1]. Die Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) schlägt eine Absenkung des Luftgrenzwertes auf  $0,37 \text{ mg/m}^3$  mit einer Spitzenbegrenzung Faktor 2 vor [2]. Der zuständige Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) beabsichtigt, diese Absenkung in die Technischen Regeln für Gefahrstoffe TRGS 900 „Luftgrenzwerte“ [1] zu übernehmen, sofern diese abgesenkten Grenzwerte in der Praxis nach dem Stand der Technik realisierbar sind. Für den Bereich der Flächen- und Instrumentendesinfektion mit Formaldehyd liegen bereits aktuelle Expositionsbeschreibungen in Form von BG/BIA-Empfehlungen vor [3; 4]. Für diese Arbeitsbereiche können Expositionsszenarien beschrieben werden, bei deren Einhaltung der Luftgrenzwert für Formaldehyd unterschritten wird. Für den Bereich der Humanpathologien liegen aktuelle Messergebnisse von pathologischen Laboratorien vor, deren Beschäftigte bei der Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege (BGW) versichert sind [5]. Im Zuständigkeitsbereich der Unfallversicherungsträger der öffentlichen Hand wurden Ergebnisse von Arbeitsbereichsanalysen in humanpathologischen Laboratorien im Jahr 1994 publiziert [6].

## 2 Projektbeschreibung

Das Projekt „Formaldehyd im Gesundheitsdienst“ wurde Anfang 2002 initiiert und befasste sich mit der Fragestellung, wie die gegenwärtige Formaldehydbelastung in den anatomischen und pathologischen Instituten der Kliniken und Krankenhäuser der öffentlichen Hand zu beurteilen ist und ob der augenblickliche Stand der Technik an diesen Arbeitsplätzen auch die Einhaltung eines abgesenkten Luftgrenzwertes für Formaldehyd sicherstellt. In das Projekt wurde dabei sowohl

Dipl.-Chem. Dr. Robert Kellner,  
Bundesverband der Unfallkassen, München.  
Dipl.-Ing. Ingrid Thullner,  
Unfallkasse Hessen, Frankfurt am Main.  
Dipl.-Min. Dietmar Funk,  
Württembergischer GUVV, Stuttgart.  
Dipl.-Ing. Bernd Hallek,  
Unfallkasse Sachsen, Meißen.  
Dipl.-Chem. Dr. Ursula Franke,  
Landesunfallkasse Hamburg, Hamburg.  
Dipl.-Chem. Dr. Rainer Radtke,  
Unfallkasse Rheinland-Pfalz, Andernach.  
Dipl.-Ing. Dr. Heinz-Dieter Neumann,  
GUVV Westfalen-Lippe, Münster.  
Dipl.-Geol. Thomas Overmann,  
GUVV Hannover, Hannover.

**Zusammenfassung** Formaldehydlösungen werden sowohl in der Humanmedizin als auch in der Veterinärmedizin in der Pathologie und Anatomie zur Gewebefixierung und -konservierung verwendet. In der Human- und Veterinärpathologie treten Formaldehydexpositionen insbesondere am Zugschneidearbeitsplatz, aber auch beim Verwerfen der Proben und beim Befüllen der Probenbehälter mit Formaldehydlösung auf. Die Einhaltung des Luftgrenzwertes für Formaldehyd (MAK-Wert) ist bei diesen Tätigkeiten möglich, wenn geeignete Lüftungstechnische und arbeitsorganisatorische Maßnahmen zur Minimierung der Exposition getroffen werden. In der Veterinär-anatomie treten hohe Formaldehydexpositionen in Präparatekellern und in Vorbereitungsräumen auf, in denen die formalinetränkten Präparate für das Anatomiepraktikum gewässert werden. In diesen beiden Arbeitsbereichen wird der Luftgrenzwert für Formaldehyd nicht eingehalten. In der Humananatomie wurden hohe Formaldehydkonzentrationen in der Luft im Anatomiepraktikum ermittelt

## Formaldehyde exposures in pathologies and anatomies

**Abstract** Formaldehyde solutions are used in pathology and anatomy in both human and veterinary medicine for fixing and preserving tissues. During human and veterinary pathological procedures, formaldehyde exposure occurs primarily at cutting table workplaces, but also when specimens are discarded or when specimen containers are filled with formaldehyde solution. It is possible to maintain the airborne exposure limit values for formaldehyde (MAK-value, maximum workplace concentration) at these workplaces if suitable technical ventilation and job organisation measures are applied for the purpose of minimising exposure. In veterinary anatomy, a high degree of exposure to formaldehyde occurs in specimen cellars and in preparation rooms where the formaldehyde-soaked specimens are watered down for anatomy practise courses. The airborne exposure limits are maintained at neither of these workplaces. High concentrations of formaldehyde in the air were recorded during a practise course in human anatomy.

die Humanmedizin als auch die Veterinärmedizin eingeschlossen. Die Ergebnisse des Projekts sollen dem AGS als Datenmaterial für die Festlegung eines neuen Luftgrenzwertes für Formaldehyd dienen.

Das Projekt wurde vom Bundesverband der Unfallkassen, von den Unfallkassen Hessen, Rheinland-Pfalz und Sachsen, von der Landesunfallkasse Hamburg sowie vom Württembergischen Gemeindeunfallversicherungsverband (GUVV), GUVV Westfalen-Lippe und GUVV Hannover durchgeführt.

Die Probenahme vor Ort erfolgte durch die Messstellen der am Projekt beteiligten Unfallversicherungsträger. Die Proben wurden analytisch im Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitsschutz – BIA im Rahmen des Berufsgenossenschaftlichen Messsystems Gefahrstoffe (BGMG) ausgewertet.

## 3 Beschreibung der untersuchten Arbeitsplätze und -verfahren

### 3.1 Pathologie

In der Pathologie werden menschliche oder tierische Gewebeproben histologisch untersucht. In der Probenannahme

histologischer Labors werden die eingehenden Probenbehälter (z. B. aus OP-Bereichen oder aus Sektionsräumen) von einer medizinisch-technischen Assistenz (MTA) aus der Versandverpackung entnommen und dokumentiert. Die Probenbehälter sind üblicherweise aus Kunststoff mit Schnappdeckel- oder Schraubverschluss und enthalten eine in der Regel 4%ige Formaldehydlösung, in der die zu untersuchenden Proben eingelegt sind. Eine Formaldehydexposition ist in der Probenannahme möglich, wenn aufgrund von Undichtigkeiten der Versandgefäße Formaldehydlösung in die Verpackung ausgelaufen ist und dadurch Begleitzettel kontaminiert sind. Am Zuschneidearbeitsplatz werden die Gewebeproben vom Pathologen aus den Behältern entnommen und zunächst äußerlich untersucht und beschrieben. Dann werden makroskopische Schnitte angelegt und Proben entnommen. Diese werden in beschriftete Einbettkassetten eingelegt. Die MTA bereitet die Einbettkassetten vor, notiert die Bemerkungen des Arztes, füllt gegebenenfalls Formaldehydlösung in die Probenbehälter nach und legt die fertigen Einbettkassetten zur Nachfixierung zunächst in Behälter mit einer in der Regel 4%igen Formaldehydlösung und anschließend in den Einbettautomaten. Biopsieproben werden von einer MTA direkt in die Einbettkassetten gelegt.

An den meisten Zuschneidearbeitsplätzen hat sich als Lüftungseinrichtung die Lochplattenabsaugung etabliert, vereinzelt wird auch in Abzügen oder in abgesaugten Arbeitsboxen gearbeitet.

Nach dem Einlegen in die Einbettkassetten werden die Proben in einem abgesaugten Einbettautomaten mit Formaldehyd nachfixiert, mit Ethanol oder Isopropanol entwässert, mit Xylol entfettet und schließlich in Paraffin eingebettet. Bei diesem Verfahrensschritt ist eine Formaldehydbelastung beim Beschicken des Automaten mit den Einbettkassetten sowie beim Versorgen des Automaten mit Formaldehydlösung möglich.

Bei den anschließenden Bearbeitungsschritten (Schneiden am Mikrotom/Färben/Mikroskopieren) ist eine Exposition der Beschäftigten gegenüber Formaldehyd nicht mehr gegeben [6].

Die mit Formaldehydlösung fixierten Proben werden üblicherweise für einen bestimmten Zeitraum als Belegproben in einem separaten Aufbewahrungsraum gelagert.

Nach Ablauf der Aufbewahrungsfrist erfolgt die Entsorgung der nicht mehr benötigten Proben in aller Regel in einer Spüle durch Ausgießen der Probenbehälter über ein Sieb. Der Rückstand wird dann als Sonderabfall entsorgt. Als technische Schutzmaßnahme ist häufig neben oder oberhalb der Spüle eine Absaugung installiert. In einem der untersuchten pathologischen Institute werden die gefüllten Probenbehälter jedoch ohne Abfiltration der Formaldehydlösung als Sonderabfall entsorgt.

Die entleerten Probenbehälter werden meist in einer Spüle manuell mit Wasser vorgereinigt und anschließend in einer Spülmaschine gereinigt. Eine Formaldehydbelastung der Beschäftigten ist bei der Vorreinigung möglich.

Die leeren Probenbehälter werden vor dem Versand an die einsendenden OP- bzw. Sektionsbereiche mit einer 4%igen Formaldehydlösung befüllt. Diese Tätigkeit erfolgt entweder frei im Raum oder im Abzug. Die Formaldehydlösung wird in vielen Fällen als konzentrierte 37%ige Lösung (Formalin) in großen Gebinden angeliefert und zur weiteren Verwendung in kleinere Gebinde abgefüllt bzw. verdünnt.

Eine Formaldehydbelastung ist bis auf die Tätigkeiten im Schneide- und Färbelabor (Schneiden der Paraffinblöcke am Mikrotom und Färben der Objektträger) und mikroskopische Begutachtung bei allen Arbeitsschritten möglich. Die bereits vorliegenden Untersuchungsergebnisse haben gezeigt, dass das Arbeiten am Zuschneidearbeitsplatz, das Verwerfen der Proben und das Befüllen der Probenbehälter die Teiltätigkeiten darstellen, bei denen die Frage der Einhaltung des Formaldehydgrenzwertes relevant ist [5; 6]. Aus diesem Grund wurden im Projekt „Formaldehyd im Gesundheitsdienst“ insbesondere diese Teiltätigkeiten untersucht.

### 3.2 Anatomie

Die Anatomie befasst sich mit der Form und dem Aufbau des menschlichen oder tierischen Körpers und wird als Grundlagendisziplin ausschließlich in Universitäten und Hochschulen vertreten [7]. Im Sektionsraum der Veterinär-anatomie werden tote Tiere seziiert und die zu fixierenden Proben in eine in der Regel 4%ige Formaldehydlösung eingelegt. Ganze Tiere und große Gewebeproben werden zusätzlich vor dem Einlegen durch Injektionen mit einer 10%igen Formaldehydlösung behandelt, damit auch das Gewebeinnere durchfixiert wird. In der Veterinär-anatomie werden die Präparate für die Anatomiepraktika in Präparatekellern aufbewahrt. Dort werden die Präparate in großen, mit 4%iger Formaldehydlösung gefüllten Stahltanks oder gemauerten Becken gelagert. Die Präparatekeller sind in der Regel mit einer raumlufttechnischen Anlage ausgerüstet. Vor dem Anatomiepraktikum werden die Präparate entweder mit einer hydraulischen Aufzugsvorrichtung aus den Tanks bzw. Becken herausgehoben oder auch manuell herausgehoben und von den Beschäftigten auf Transportwagen gelegt. In einem der untersuchten Institute werden die Präparate vor der Verwendung im Veterinär-anatomiekurs im Vorbereitungsraum mit heißem Wasser abgespritzt, mit Seifenlösung abgebürstet und gelüftet. In einer weiteren Einrichtung werden Präparationsarbeiten an formaldehydgetränkten Tieren für Forschungs- und Lehrzwecke im anatomischen Labor bzw. in einer Kabine mit Absaugung durchgeführt. Studierende der Human- bzw. Veterinärmedizin erlernen in Kursen der makroskopischen Anatomie den Aufbau des Menschen bzw. der Tiere (z. B. Pferde, Rinder, Schweine oder Hunde). Die hierzu benötigten Studienobjekte werden in einer in der Regel 4%igen Formaldehydlösung aufbewahrt. In der Veterinär-anatomie werden die Studienobjekte im Gegensatz zur Humananatomie in der Regel vorher gewässert. Diese Kurse finden in großen Anatomiesälen statt und dauern bis zu drei Stunden pro Tag. In diesen Kursen wird an den Studienobjekten präparativ gearbeitet. Beim Testat werden die Studienobjekte lediglich zur Anschauung verwendet. In den Anatomievorlesungen werden die Studienobjekte von den Dozenten für didaktische Zwecke verwendet. Die Praktikums- und Vorlesungssäle sind in der Regel mit einer leistungsfähigen raumlufttechnischen Anlage ausgerüstet.

## 4 Messstrategie und Messverfahren

Zur Bestimmung des Formaldehyds in der Luft wurde mittels eines Personal Air Samplers (PAS-Pumpe) ein definiertes Luftvolumen durch eine mit 2,4-Dinitrophenylhydrazin imprägnierte Silikagel-Kartusche gesaugt. Der in der Luft enthaltene Formaldehyd wurde dabei zu einem Hydraron

umgesetzt. Die Messungen zur Bestimmung der Schichtmittelwerte wurden personengetragen an den Beschäftigten über einen Zeitraum von zwei Stunden, bei geringeren Expositionszeiten über die gesamte Dauer der Tätigkeit durchgeführt. Die Messungen zur Bestimmung der Kurzzeitwerte wurden über einen Zeitraum von jeweils 15 min in der Regel stationär im Expositionsbereich der zu beurteilenden Arbeitssituation oder auch, wo arbeitsorganisatorisch angezeigt und möglich, personengetragen durchgeführt. Im Analysenlabor wurde der Probenträger mit Acetonitril eluiert und dann die quantitative Bestimmung mittels HPLC (High Performance Liquid Chromatography) vorgenommen [8].

Neben den Formaldehydkonzentrationen in der Luft wurden an den untersuchten Arbeitsplätzen die Abluftleistungen der lüftungstechnischen Einrichtungen bestimmt.

## 5 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Messungen sind in den **Tabellen 1 bis 9** zusammengefasst. Die Tabellen enthalten neben den ermittelten Stoffindizes und Kurzzeitwerten Angaben zu den Expositionszeiten sowie wichtige Daten zu den Randbedingungen, die das Zustandekommen der Messergebnisse beeinflussen. Kurze Erläuterungen ergänzen im Folgenden die tabellarische Darstellung. Die Beurteilung der Messergebnisse erfolgt auf der Basis des derzeit geltenden Luftgrenzwertes für Formaldehyd.

### 5.1 Pathologie

Eine in der Probenannahme einer humanpathologischen Einrichtung durchgeführte Messung ergab bei einer Expositionszeit von 40 Minuten einen Stoffindex von 0,004 (raumlüftungstechnische Anlage, 7facher Luftwechsel) und damit eine dauerhaft sichere Einhaltung des Grenzwertes für Formaldehyd.

Tabelle 1 enthält die Ergebnisse der Messungen in einem Sektionssaal einer veterinärpathologischen Einrichtung. Beim Einlegen von Proben in 4%ige Formaldehydlösung konnte eine Einhaltung der Kurzzeitwertbedingung ermittelt werden, siehe Arbeitsplatz 11a. Der in der Nähe des Grenzwertes liegende Kurzzeitwert am Arbeitsplatz 11b erfasst das Abfüllen der Formaldehydlösung aus dem Vorratsbehälter in die Probenbehälter. Der sehr große Raum verfügt nicht über eine technische Raumlüftung.

Tabelle 2 enthält die Ergebnisse der Messungen von 27 Zuschneidearbeitsplätzen und vier Biopsiearbeitsplätzen in 24 Einrichtungen der Human- und Veterinärmedizin. Neben den

Schichtmittelwerten (Stoffindizes) und Kurzzeitwerten wurden die Abluftleistungen der lüftungstechnischen Anlagen ermittelt. Der Schichtmittelwert für Formaldehyd wurde bis auf den MTA-Arbeitsplatz 9, bei dem keine Absaugung installiert war und Formaldehydlösungen offen herumstanden, bei allen untersuchten Arbeitsplätzen aufgrund der verkürzten Exposition unterschritten. Bezüglich der Einhaltung der Kurzzeitwertbedingung (Expositionsspitzen) wurde in elf Fällen eine Überschreitung festgestellt.

Im Rahmen des Projektes wurden, wo möglich, die Abluftleistungen der Lochplattenabsaugungen ermittelt. Hierbei stellte sich in vielen Fällen heraus, dass die tatsächlich gemessene Abluftleistung nicht mit der projektierten Leistung übereinstimmt. Eine Überschreitung der Kurzzeitwertbedingung wurde an den Zuschneidearbeitsplätzen 2a, 2b, 3a, 6a, 10, 11, 17 und 18 mit nur geringer Abluftleistung der Lochplattenabsaugung ( $< 800 \text{ m}^3/\text{h}$ ) ermittelt. An Zuschneidearbeitsplätzen mit einer leistungsfähigen Lochplattenabsaugung war stets auch eine Einhaltung der Kurzzeitwertbedingung gegeben. An den Zuschneidearbeitsplätzen 1a, 5a, 14, 19 und 29 lagen sowohl die Schichtmittelwerte als auch alle Kurzzeitwerte für Formaldehyd unter dem Grenzwert. Hier wurde eine Abluftleistung der Lochplattenabsaugung von  $1\,400 \text{ m}^3/\text{h}$  und höher gemessen. In diesen Fällen wurden auch große Proben zugeschnitten. Ein typisches Kurzzeitwertprofil eines dieser Arbeitsplätze (**Bild 1**) über einen Arbeitstag zeigt **Bild 2**.

An den Arbeitsplätzen 7, 8 und 20 wurden die Proben vor dem Zuschneiden einer mehr oder weniger intensiven Wässerung unterzogen. Am Arbeitsplatz 6b wurden die Proben (im Gegensatz zu 6a) vor dem Zuschneiden in einer Spüle mit seitlicher Absaugung unter fließendem Wasser abgespült. In allen vier Fällen mit Wässerung der Proben lagen sowohl die Schichtmittel- als auch die Kurzzeitwerte unter dem Grenzwert. Die Formaldehydbelastung an den Zuschneidearbeitsplätzen ist außerdem abhängig von der praktizierten Arbeitsplatzhygiene. Bleiben die Probenbehälter während des Zuschneidens bzw. die Behälter für die Einbettkassetten offen, so findet sich das in höheren Kurzzeitwerten wieder. Einen ähnlichen Einfluss hat nicht beseitigte Formaldehydlösung auf dem Zuschneidebrett. So wurde am Arbeitsplatz 18 die Kurzzeitwertbedingung für Formaldehyd überschritten, nachdem um 9.45 Uhr ca. 300 ml Formaldehydlösung in eine offene Nierenschale gegossen worden war (**Bilder 3 und 4**). In 16 trug ein offenes Probengefäß mit 4%iger Formaldehydlösung wesentlich zum Kurzzeitwert in Höhe von  $0,63 \text{ mg}/\text{m}^3$  bei. Am Arbeitsplatz 3a wurden Kurzzeitwerte bis zu  $5,13 \text{ mg}/\text{m}^3$  erreicht, wenn große Probenbehälter offen

**Tabelle 1** | Sektionsraum und Sektionssaal.

| Arbeitsplatz Nummer | Expositionszeit         | Stoffindex | 15-Minuten-Kurzzeitwerte in $\text{mg}/\text{m}^3$ | Absaugung             | Bemerkungen   |
|---------------------|-------------------------|------------|--|-----------------------|---|
| 24                  | unregelmäßig bei Bedarf | n. b.      | 0,61   | Freie Lüftung im Raum | Sektionsraum Veterinär-anatomie: Manuelle Injektionen einer 10%igen Formaldehydlösung in Präparate                        |
| 11a                 | n. b.                   | n. b.      | 0,04; 0,09; 0,14; 0,18                             | Freie Lüftung im Raum | Sektionssaal Veterinärpathologie: Einlegen von Proben in Behälter mit 4%iger Formaldehydlösung. Raumgröße 17,6 · 8 · 6 m  |
| 11b                 | n. b.                   | n. b.      | 0,56   | Freie Lüftung im Raum | Sektionssaal Veterinärpathologie: Abfüllen der 4%igen Formaldehydlösung aus dem Vorratsbehälter. Raumgröße 17,6 · 8 · 6 m |

n. b.: nicht bestimmt

stehen gelassen und große Proben geschnitten wurden. Offen herumliegende formaldehydgetränkte Zellstofftücher tragen ebenfalls zur Formaldehydbelastung bei (z. B. 11 in Tabelle 2, Bild 5). Expositionserhöhend für die MTA ist die Verwendung von 10%iger Formaldehydlösung anstelle von 4%iger Formaldehydlösung zur Nachfixierung, siehe 3a. Die Formaldehyd-

belastung an den Zuschneidearbeitsplätzen wird maßgeblich auch von der Größe und der Gewebeatart der Proben beeinflusst. Hohe Formaldehydbelastungen treten auffällig bei großen, hydrophilen Gewebeproben mit hoher Formaldehydaufnahmekapazität, wie z. B. Lungen und Plazentas, auf. Am Arbeitsplatz 22 korrespondieren die beiden niedrigen Kurz-

Tabelle 2 | Zuschneide- und Biopsiearbeitsplätze.

| Arbeitsplatz Nummer | Expositionszeit Arzt/Assistenz in h | Stoffindex Arzt/Assistenz | 15-Minuten-Kurzzeitwerte Arzt/Assistenz in mg/m <sup>3</sup> | Lochplatten-Abluftleistung in m <sup>3</sup> /h | Bemerkungen  |
|---------------------|-------------------------------------|---------------------------|--|---|--|
| 1a                  | 4/3                                 | 0,24/0,10                 | < 0,08 bis 0,37/<br>0,08 bis 0,34                            | 2000  | Je 6 Schichtmittelwerte (Doppelbestimmung) von Arzt und Assistenz; 34 Kurzzeitwerte  |
| 1b                  | -/2                                 | -/0,06                    | -/0,15 bis 0,28  | 2000  | MTA bearbeitet Biopsieproben   |
| 2a                  | 2/2                                 | 0,24/0,31                 | 0,27 bis 1,78  | 235*  | Je 4 Schichtmittelwerte von Arzt und Assistenz; 26 Kurzzeitwerte; * Assistenz ohne Absaugung. Hohe Kurzzeitwerte bei großen Proben (z. B. Darm). Raum 22facher Luftwechsel |
| 2b                  | 2/2                                 | 0,56/0,25                 | 0,22 bis 0,92  | 108*  | 2 Schichtmittelwerte; 4 Kurzzeitwerte; * Assistenz ohne Absaugung. Kleine Proben. Raum 22facher Luftwechsel  |
| 3a                  | 2/5                                 | 0,17/0,52                 | 0,28 bis 5,13  | 700   | Je 4 Schichtmittelwerte von Arzt und Assistenz; 23 Kurzzeitwerte. Bei hohen Kurzzeitwerten bleiben Behälter häufig offen. Nachfixierung mit 10%iger Formaldehydlösung      |
| 3b                  | -/1,5                               | -/0,09                    | -/0,22 bis 0,69  | 62  | 4 Schichtmittelwerte; 5 Kurzzeitwerte, davon ein Kurzzeitwert über Grenzwert. MTA bearbeitet Biopsieproben   |
| 4a                  | 3/3                                 | 0,45/0,12                 | 0,50 bis 2,39/<br>0,09 bis 0,13                              | 1250*   | * Doppelzuschneidebox  |
| 4b                  | 1/1                                 | 0,70/0,24                 | 4,06; 6,91/<br>0,60; 0,96                                    | 260*  | * Einzelzuschneidebox, verminderte Abluftleistung durch Wartungsarbeiten   |
| 4c                  | -/0,5                               | -/0,06                    | -/0,28   | n. b.   | MTA bearbeitet Biopsieproben   |
| 5a                  | 2/2                                 | 0,18/0,12                 | < 0,08 bis 0,53  | 1486  | Luftwechsel Raum 38fach. Je 4 Schichtmittelwerte von Arzt und Assistenz; 20 Kurzzeitwerte  |
| 5b                  | -/2                                 | -/0,09                    | -/< 0,08 bis 0,39  | 1564  | 4 Schichtmittelwerte; 9 Kurzzeitwerte. MTA bearbeitet Biopsieproben  |
| 6a                  | 1/1                                 | 0,09/0,09                 | 0,16 bis 0,92/-  | 720   | Je 2 Schichtmittelwerte von Arzt und Assistenz; 6 Kurzzeitwerte. Assistenz ohne Absaugung. Tumordiagnostik Veterinärpathologie; Raum 16facher Luftwechsel                  |
| 6b                  | 1/-                                 | 0,03/-                    | < 0,08 bis 0,22/-  | 720   | 2 Schichtmittelwerte; 5 Kurzzeitwerte. Vorbereitung Sektion Veterinärpathologie. Mit Wasser abgospülte Proben. Raum 14facher Luftwechsel                                   |
| 7                   | 4/-                                 | 0,05/-                    | 0,09/-   | 606   | Proben 15 Minuten gewässert  |
| 8                   | 4/4                                 | 0,05/-                    | n. b.  | nicht in Betrieb                                | Proben über Nacht gewässert  |
| 9                   | 3/3                                 | 0,30/<br>> 2,00**         | n. b.  | 161*  | Zuschneideraum 3facher Luftwechsel; * Assistenz ohne Absaugung. ** Probenträger überladen  |
| 10                  | 5/8                                 | 0,46/0,77                 | 0,37 bis 0,71/<br>0,27 bis 0,47                              | 660   | 2 Schichtmittelwerte; 13 Kurzzeitwerte. Nur ein Kurzzeitwert beim Arzt überschreitet Grenzwert   |
| 11                  | 4/-                                 | 0,65/-                    | 0,36 bis 0,74/-  | 350   | 8 Kurzzeitwerte. Veterinärpathologie   |
| 12                  | 1/1                                 | 0,10/0,08                 | n. b.  | 226*  | Veterinärpathologie. Luftwechsel Raum 18fach. Kleine Proben. * Assistenz ohne Absaugung  |
| 13                  | 0,5/-                               | 0,20/-                    | 0,22; 0,30/-   | 400*  | * Abzug mit Lochplattenabsaugung und seitlichen Absaugleisten. Veterinärpathologie   |
| 14                  | 8/8                                 | 0,42/0,18                 | < 0,22/n. b.   | 1800  | Raum 22facher Luftwechsel; Bearbeitung von kleinen und großen Proben   |
| 15                  | 4/4                                 | 0,20/0,09                 | 0,30; 0,40/n. b.   | 800*  | Raum 11facher Luftwechsel; * Assistenz ohne Absaugung (überwiegend Protokolltätigkeiten)   |
| 16                  | 4/4                                 | n. b.                     | < 0,20; < 0,20;<br>0,63/n. b.                                | n. b.   | Hoher Kurzzeitwert durch offenes Formalingefäß   |
| 17                  | 2/4                                 | n. b./0,03                | 0,63/n. b.   | 700   | Kurzzeitwert beim Zuschneiden großer Proben (Placenta, Dickdarm). Gerichtete Zuluft von oben   |
| 18                  | 3/3                                 | 0,39/0,07                 | 0,37 bis 1,16/<br>< 0,04 bis 0,19                            | 709*  | 18 Kurzzeitwerte. * Assistenz ohne Absaugung. Überschreitung der Kurzzeitwerte beim Arzt nach offenem Stehenlassen von Fomalinlösung                                       |

| Arbeitsplatz Nummer | Expositionszeit Arzt/Assistenz in h | Stoffindex Arzt/Assistenz | 15-Minuten-Kurzzeitwerte Arzt/Assistenz in mg/m <sup>3</sup> | Lochplatten-Abluftleistung in m <sup>3</sup> /h | Bemerkungen   |
|---------------------|-------------------------------------|---------------------------|--|---|---|
| 19                  | 8/8                                 | 0,05/0,08                 | n. b.  | 1700  | Raum 34facher Luftwechsel   |
| 20                  | 8/-                                 | 0,18/-                    | < 0,08 bis 0,29/-  | n. b.   | Proben 1 Stunde gewässert. Randabsaugung. 2 Schichtmittelwerte; 6 Kurzzeitwerte. Ausschließlich große Proben (Hirne)          |
| 21                  | 8/-                                 | 0,11/-                    | < 0,08/-   | n. b.   | Zuschneidearbeitsplatz im OP-Bereich. Keine offenen Behälter. Kleine und große Präparate                                      |
| 22                  | 8/-                                 | 0,56/-                    | 0,28; 0,33; 0,45/-   | n. b.   | Hoher Kurzzeitwert bei Präparation einer großen Probe (Niere)   |
| 28                  | 3/3,5                               | 0,03/0,01                 | < 0,04 bis 0,08/<br>< 0,04 bis 0,07                          | ca. 700*  | 15 Kurzzeitwerte; * Abzugshaube mit wandseitiger Luftabsaugung (ca. 600 m <sup>3</sup> /h) und Lochplattenabsaugung beim Arzt |
| 29                  | 7/8                                 | 0,42/0,53                 | < 0,04 bis 0,36/<br>< 0,05 bis 0,23                          | 1800  | 13 Kurzzeitwerte; Lochplattenabsaugung bei Arzt und Assistenz   |

Tabelle 3 | Einbettautomat.

| Arbeitsplatz Nummer | Expositionszeit in min | Stoffindex | 15-Minuten-Kurzzeitwerte in mg/m <sup>3</sup> | Absaugung                             | Bemerkungen   |
|---------------------|------------------------|------------|---|---------------------------------------|---|
| 1                   | 40                     | 0,06       | n. b.   | RLT-Anlage:<br>9facher Luftwechsel    | Beschickung des Einbettautomaten: Neben Formaldehydlösung werden auch Isopropanol und Xylol abgefüllt |
| 10                  | 15                     | 0,02       | 0,36  | RLT-Anlage:<br>Abluftleistung n. b.   | Beschickung des Einbettautomaten: Neben Formaldehydlösung werden auch Ethanol und Xylol abgefüllt     |
| 11                  | 3                      | n. b.      | 0,05  | RLT-Anlage<br>(Raumabluft über Abzug) | Beschickung des Einbettautomaten mit den Einbettkassetten   |

n. b.: nicht bestimmt (RLT – raumlufttechnisch)

zeitwerte mit kleinen Proben (Gewicht bis 50 g), der höhere Kurzzeitwert gibt die Belastung bei Bearbeitung einer großen Probe (Niere) wieder. Der hohe Kurzzeitwert in 17 erfasst die Bearbeitung eines Dickdarms und einer Plazenta. In 2a traten hohe Kurzzeitwerte bis zu 1,78 mg/m<sup>3</sup> insbesondere immer dann auf, wenn große Proben, wie Speiseröhren, Dickdärme und Plazentas, geschnitten wurden.

An den Arbeitsplätzen 4a und 4b wurden die Zuschneidetätigkeiten in Arbeitsboxen mit einem Luftschleier an den offenen Zugangsseiten durchgeführt. An der Doppelarbeitsbox 4a und Einzelarbeitsbox 4b erfolgte die Luftführung des Luftschleiers von den Zugangsseiten zum Inneren der Box. An beiden Arbeitsplätzen wurde beim Arzt die Kurzzeitwertbedingung nicht eingehalten. Arbeitsplatz 13 beschreibt einen modifizierten Laborabzug mit Frontschieber, 28 einen Abzug mit fester Fronthaube, beide mit Lochplattenabsaugung und Absaugleisten an der Rückwand. In beiden Fällen erfolgte die Luftführung so, dass die Formaldehyddämpfe vom Atem-

Tabelle 4a | Verwerfen von Proben.

| Arbeitsplatz Nummer | Expositionszeit | Stoffindex (Messwert)                 | 15-Minuten-Kurzzeitwerte in mg/m <sup>3</sup> | Absaugung   | Bemerkungen  |
|---------------------|-----------------|---------------------------------------|---|---|--|
| 1a                  | 24 min          | 0,008<br>(0,10 mg/m <sup>3</sup> )    | n. b.   | Technische Raumlüftung,<br>8facher Luftwechsel  | Verwerfen von Behältern bis 0,5 Liter im Präparateraum ohne Öffnen der Behälter (ohne Filtration).                     |
| 1b                  | 22 min          | 0,04<br>(0,58 mg/m <sup>3</sup> )     | n. b.   | Technische Raumlüftung,<br>Luftwechsel größer 8fach   | Verwerfen von Behältern größer als 0,5 Liter im Sektionsaal mit Öffnen der Behälter (ohne Filtration).                 |
| 2                   | 45 min          | > 0,84<br>(> 5,54 mg/m <sup>3</sup> ) | n. b.   | Seitliche Absaugung,<br>Abluftleistung 560 m <sup>3</sup> /h                                    | Verwerfen von Behältern über Spüle. Minimalwert. Probenträger überladen.   |
| 4a                  | 13 min          | n. b.                                 | 1,94  | Technische Raumlüftung,<br>8facher Luftwechsel  | Verwerfen von Behältern größer als 250 ml in der Sektionshalle mit Atemschutz. Abdekantieren über Spüle.               |
| 10                  | 1 h             | > 2,62                                | > 11,5; > 13,3;<br>> 13,4; > 13,7             | RLT-Anlage nur sehr gering<br>wirksam   | Verwerfen der Proben frei im Raum durch Abfiltrieren der Formaldehydlösung über Sieb in Eimer. Probenträger überladen. |
| 13                  | 2 h             | > 1,22                                | 1,72 bis 5,58                                 | Abgesaugte Spüle und Küchenabsaugung über Abfalltonne,<br>Abluftleistung 1300 m <sup>3</sup> /h | Verwerfen über abgesaugte Spüle mit unzureichender Einhausung. Probenträger z. T. überladen.                           |
| 29                  | 90 min          | 0,81<br>(2,68 mg/m <sup>3</sup> )     | 1,12 bis 2,30                                 | Seitliche Absaugung über Spüle,<br>Abluftleistung 1400 m <sup>3</sup> /h                        | Verwerfen durch Abfiltration in seitlich abgesaugte Spüle.   |

n. b.: nicht bestimmt

Tabelle 4b Verwerfen von Proben mit anschließender Vorreinigung der Behälter und ggf. Abfüllen (gemischte Tätigkeit).

| Arbeitsplatz Nummer | Expositionszeit | Stoffindex (Messwert)   | 15-Minuten-Kurzzeitwerte | Absaugung   | Bemerkungen   |
|---------------------|-----------------|---|--------------------------|---|---|
| 3                   | 3 h             | 0,63<br>(0,99 mg/m <sup>3</sup> ;<br>0,83 mg/m <sup>3</sup> ;<br>1,41 mg/m <sup>3</sup> ) | n. b.*                   | Absaugung von Arbeitsfläche und Spüle, Abluftleistung 280 m <sup>3</sup> /h | 30 min Verwerfen über Spüle, 45 min Spülen, 105 min Abfüllen.<br>*Kurzzeitwertbedingung muss wegen 2-h-Messwert überschritten sein.   |
| 4b                  | 47 min          | 0,25<br>(1,58 mg/m <sup>3</sup> )   | n. b.*                   | Technische Raumlüftung: 10facher Luftwechsel über Abzug im Raum             | Verwerfen von Behältern bis 250 ml frei im Raum; Abfiltrieren über Sieb und Vorreinigen.<br>*Kurzzeitwertbedingung muss wegen 47-Minuten-Messwert überschritten sein.                     |
| 5                   | 1 h             | 0,05<br>(1 h: 0,30 mg/m <sup>3</sup> ;<br>35 min: 0,23 mg/m <sup>3</sup> )                | n. b.                    | Seitliche Absaugung mit Einhausung, Absaugleistung n. b.                    | Verwerfen kombiniert mit Vorreinigung. Verwerfen der Formaldehydlösung in Spüle unter laufendem Wasser.   |
| 6a                  | 39 min          | 0,23<br>(1,74 mg/m <sup>3</sup> )   | n. b.*                   | Abzug, Abluftleistung 440 m <sup>3</sup> /h                                 | Verwerfen der Proben durch Ausgießen in Eimer. Weitere Tätigkeiten (Behälterreinigung) außerhalb des Abzugs.<br>*Kurzzeitwertbedingung muss wegen 39-Minuten-Messwert überschritten sein. |
| 6b                  | 65 min          | > 1,17<br>(> 5,34 mg/m <sup>3</sup> )   | n. b.                    | RLT-Anlage, 14facher Luftwechsel  | Verwerfen der Proben durch Ausgießen in großen Abfallbehälter frei im Raum; Probenträger überladen.   |

n. b.: nicht bestimmt

bereich der Beschäftigten nach unten weg über ein Lochblech sowie seitlich zur Rückwand geführt werden. Dementsprechend wurde an diesen Arbeitsplätzen auch die Kurzzeitwertbedingung eingehalten.

An den Arbeitsplätzen 1b, 3b, 4c und 5b wurden Biopsieproben von der MTA aus den Behältern entnommen und in die Einbettkassetten gelegt. Das Bearbeiten von Biopsieproben erfolgte in allen untersuchten Fällen an Arbeitsplätzen mit Lochplattenabsaugung. Bei dieser Tätigkeit wurden in 1b, 4c und 5b sowohl der Schichtmittelwert als auch die Kurzzeitwertbedingung eingehalten.

In drei Pathologien wurden Messungen an Einbettautomaten durchgeführt, siehe Tabelle 3. An den Arbeitsplätzen 1 und 10 ist das Versorgen des Automaten mit 4%iger Formalde-

hydylösung, am Arbeitsplatz 11 das Beschicken des Automaten mit den Einbettkassetten beschrieben. In allen drei Fällen ist eine dauerhaft sichere Einhaltung des Luftgrenzwertes für Formaldehyd gegeben.

In einer Pathologie wurde im Schneide- und Färbelabor beim Schneiden der paraffinierten Präparate am Mikrotom über einen Zeitraum von zwei Stunden ein Stoffindex von 0,03 ermittelt. In einer weiteren Pathologie wurde die Formaldehydbelastung im Aufbewahrungsraum ermittelt. In dem kleinen, fensterlosen Raum war keine technische Raumlüftung installiert. Im Ergebnis wurde über einen Probenahmezeitraum von zwei Stunden ein Messwert in Höhe von 0,11 mg/m<sup>3</sup> ermittelt. Bei einer hypothetischen Aufenthaltsdauer von zwei Stunden in diesem Aufbewahrungsraum

Tabelle 5 Abfüllen von Formaldehydlösung.

| Arbeitsplatz Nummer | Expositionszeit | Stoffindex | 15-Minuten-Kurzzeitwerte in mg/m <sup>3</sup> | Absaugung   | Bemerkungen  |
|---------------------|-----------------|------------|---|---|--|
| 2                   | 2 h             | 0,38       | n. b.   | Abzug 400 m <sup>3</sup> /h   | Abfüllgefäß ragt aus Platzgründen aus dem Abzug heraus                           |
| 4                   | 40 min          | 0,02       | n. b.   | Abzug 750 m <sup>3</sup> /h mit zum Inneren des Abzugs geführten Luftschleier   | Abfüllvorgang im Abzug; Frontschieber weitgehend geschlossen                     |
| 6                   | 10 min          | n. b.      | 3,86<br>(10-Minuten-Wert)                     | Chemikalienlager: Keine technische Raumlüftung  | Umfüllen von 37%iger Formaldehydlösung frei im Raum. Atemschutz notwendig        |
| 7                   | 15 min          | n. b.      | 1,03  | Keine technische Raumlüftung. Geschlossener Raum  | Abfüllen von Formalinlösung mit Dosierautomat in kleine Behälter frei im Raum    |
| 10                  | 1 h             | n. b.      | 0,72  | Technische Raumlüftung vorhanden. Abluft in Arbeitshöhe   | Abfüllen von Formalinlösung mit Dosierautomat in kleine Behälter frei im Raum    |
| 29                  | 1 h             | n. b.      | 1,80; 1,91                                    | Technische Raumlüftung vorhanden. Zu- und Abluft im Deckenbereich. Dosierautomat abgesaugt. Lüftung geringe Wirksamkeit | Abfüllen von Formaldehydlösung mit Dosierautomat in kleine Behälter frei im Raum |

n. b.: nicht bestimmt

Tabelle 6 | Veterinär Anatomie Präparatekeller.

| Arbeitsplatz Nummer | Expositionszeit in min | Stoffindex | 15-Minuten-Kurzzeitwerte in mg/m <sup>3</sup>         | Absaugung                           | Bemerkungen  |
|---------------------|------------------------|------------|---|-------------------------------------|--|
| 23                  | 16 bis 24              | > 0,74     | 3,02 bis > 17,9<br>(Probenahmedauer<br>16 bis 24 min) | RLT-Anlage<br>außer<br>Betrieb      | 6 Messwerte;<br>Probenträger<br>z. T. überladen.<br>Beschäftigte<br>tragen Atem-<br>schutz |
| 24                  | 30                     | n. b.      | 10,5; 10,8  | Fenster-<br>lüftung                 | Beschäftigte<br>tragen Atem-<br>schutz   |
| 25                  | 20                     | n. b.      | 2,16; 2,33; 2,60                                      | RLT-Anlage,<br>Luftwechsel<br>7fach | Beschäftigte<br>tragen Atem-<br>schutz   |

n. B.: nicht bestimmt

Tabelle 7 | Vorbereitung Anatomiepraktikum.

| Arbeitsplatz Nummer | Expositionszeit | Stoffindex  | 15-Minuten-Kurzzeitwerte in mg/m <sup>3</sup> | Absaugung   | Bemerkungen   |
|---------------------|-----------------|---|---|---|---|
| 23                  | 2 h             | 0,57<br>ortsbezogen,<br>worst case;<br>0,25; 0,26<br>personen-<br>bezogen | 2,38; 2,40; 2,50;<br>3,78 (worst case)        | RLT-Anlage,<br>Abluft-<br>leistung<br>nicht<br>bestimmt | Behandlung<br>der formalde-<br>hydgetränkten<br>Proben: Absprü-<br>hen mit Wasser,<br>Abbürsten mit<br>Seifenlösung<br>und Lüften |

Tabelle 8 | Präparationsarbeiten in der Veterinär Anatomie.

| Arbeitsplatz Nummer | Expositionszeit in h | Stoffindex | 15-Minuten-Kurzzeitwerte in mg/m <sup>3</sup> | Absaugung  | Bemerkungen  |
|---------------------|----------------------|------------|---|--|--|
| 24a                 | 3,2                  | 0,26       | 0,36; 0,38;<br>0,44; 0,46                     | RLT-Anlage,<br>12facher<br>Luftwechsel   | Präparation am<br>gewässerten<br>Schäferhunde-<br>kopf im anatomi-<br>schen Labor  |
| 24b                 | 5                    | 0,25       | 0,17; 0,21;<br>0,22; 0,23;<br>0,39            | Begehbarer<br>Absaugkabinen<br>mit seitlicher<br>Absaugung,<br>Abluftleistung<br>4 000 m <sup>3</sup> /h | Präparation<br>eines nicht ge-<br>wässerten, for-<br>maldehydgetränkten<br>Schäferhundes<br>in einer begehbaren<br>Absaugkabinen |

(worst-case-Betrachtung) errechnet sich daraus ein Stoffindex von 0,04. Die realen Aufenthaltszeiten der Beschäftigten sind weit geringer. Der Luftgrenzwert für Formaldehyd wird damit in beiden Arbeitsbereichen dauerhaft sicher eingehalten.

Tabelle 4a enthält die Ergebnisse von Messungen, die ausschließlich beim Verwerfen von Proben erhoben wurden. Tabelle 4b hingegen enthält die Ergebnisse von Messungen bei gemischten Tätigkeiten (Verwerfen von Proben mit anschließender Vorreinigung der Behälter und gegebenenfalls

Abfüllen der Behälter mit frischer Fixierlösung). Insgesamt wurden diese Tätigkeiten an zwölf Arbeitsplätzen in neun Einrichtungen untersucht. Die Probenbehälter enthielten fixierte Gewebeprobe in einer im Regelfall 4%igen Formaldehydlösung. In Tabelle 4a ist erkennbar, dass in allen Fällen, in denen die Behälter entleert wurden, auch mit der installierten technischen Raumlüftung bzw. Arbeitsplatzabsaugung der Grenzwert für Formaldehyd nicht eingehalten werden kann. Nur an den Arbeitsplätzen 1a und 1b wurde der Grenzwert für Formaldehyd dauerhaft sicher eingehalten, da in diesen Fällen die Probenbehälter nicht entleert, sondern zusammen mit dem Inhalt entsorgt worden sind. Die höchsten Formaldehydkonzentrationen mit einer Überschreitung der Kurzzeitwertbedingung um den Faktor 20 wurden am Arbeitsplatz 10 bestimmt, wo die gefüllten Probenbehälter frei im Raum in Eimer abfiltriert wurden und die raumlufttechnische Anlage nur sehr gering wirksam war. Bei den gemischten Tätigkeiten, siehe Tabelle 4b, konnte lediglich am Arbeitsplatz 5 der Luftgrenzwert für Formaldehyd eingehalten werden. Die Proben wurden hier unter laufendem Wasser verworfen.

In einer humanpathologischen Einrichtung wurde in einem Spülraum mit technischer Raumlüftung und 8fachen Luftwechsel ausschließlich die Vorreinigung der Probenbehälter vorgenommen. Die Behälter wurden dabei zunächst mit einer Duschbrause ausgespritzt und dann in einer Seifenlösung vorgereinigt. Bei dieser bis zu achtstündigen Tätigkeit wurde ein Stoffindex von 1,42 ermittelt und damit der Luftgrenzwert für Formaldehyd deutlich überschritten.

Das Abfüllen von Formaldehydlösung wurde an sechs Arbeitsplätzen untersucht, siehe Tabelle 5. Eine Einhaltung des Luftgrenzwertes wurde in 4 erreicht, wo die Formaldehydlösung im Abzug in die Probenbehälter abgefüllt worden ist. Am Arbeitsplatz 2 erfolgte der Abfüllvorgang ebenfalls im Abzug. Im Gegensatz zu Arbeitsplatz 4 jedoch befand sich in 2 der Abfüllhahn des Formaldehydbehälters aus Platzgründen außerhalb des Abzugs, so dass der eigentliche Abfüllvorgang nicht im, sondern vor dem Abzug stattgefunden hat. Dementsprechend wurde der Formaldehydgrenzwert in 2 nicht eingehalten. Die Kurzzeitwertbedingung wurde in 7, 10 und 29

Tabelle 9 | Studentischer Präparierkurs und Vorlesung in der Human- und Veterinär Anatomie.

| Arbeitsplatz Nummer | Expositionszeit in h | Stoffindex Aufsicht bzw. Dozent/ Studierende | 15-Minuten-Kurzzeitwerte in mg/m <sup>3</sup> | Absaugung   | Bemerkungen   |
|---------------------|----------------------|--|---|---|---|
| 23a                 | 1                    | 0,14/0,25                                    | 0,32; 0,55; 0,57; 0,67                        | RLT-Anlage: Gerichtete Zuluft von oben, Abluft über die Sektions-tische. 10facher Luftwechsel | Veterinär anatomie großer Praktikumsraum: Studentische Präparationsarbeiten. Untersuchungsgut vorher mit heißem Wasser abgesprüht, mit Seifenlösung abgebürstet und gelüftet  |
| 23b                 | 1                    | 0,11/0,11                                    | < 0,08; 0,10; 0,13; 0,20                      | RLT-Anlage: Gerichtete Zuluft von oben, Abluft über die Sektions-tische. 10facher Luftwechsel | Veterinär anatomie kleiner Praktikumsraum: Studentische Präparationsarbeiten. Untersuchungsgut vorher mit heißem Wasser abgesprüht, mit Seifenlösung abgebürstet und gelüftet |
| 26a                 | 3                    | 0,02/0,02                                    | < 0,04; 0,05                                  | RLT-Anlage außer Betrieb  | Veterinär anatomie Testat: Gewässerte Proben als Anschauungsobjekte   |
| 26b                 | 2                    | 0,02/0,02                                    | < 0,04; 0,06                                  | RLT-Anlage außer Betrieb  | Veterinär anatomie Testat: Gewässerte Proben als Anschauungsobjekte   |
| 25                  | 2                    | 0,03/0,03                                    | n. b.   | RLT-Anlage, 2facher Luftwechsel   | Vorlesung in der Veterinär anatomie: Pferd als Anschauungsobjekt, nicht gewässert   |
| 27                  | 4                    | 0,16; 0,19; 0,33; 0,48                       | n. b.   | RLT-Anlage: Gerichtete Zuluft von oben, Abluft seitlich am Boden. 22facher Luftwechsel        | Präparierkurs Humananatomie: Präparation an ganzen Leichen und Hirnen; Präparate nicht gewässert  |

n. b.: nicht bestimmt

nicht eingehalten, da dort die 4%ige Formaldehydlösung frei im Raum mit Dosierautomaten in die Probenbehälter abgefüllt worden ist. Beim Umfüllen von konzentrierter 37%iger Formaldehydlösung wurde die Kurzzeitwertbedingung weit überschritten, siehe Arbeitsplatz 6.

### 5.2 Anatomie

Im Sektionsraum eines veterinär anatomischen Instituts wurden herauspräparierte Organe durch Injektionen mit einer 10%igen Formaldehydlösung fixiert, siehe Arbeitsplatz 24 in Tabelle 1. Im Ergebnis wurde bei dieser Tätigkeit die Kurzzeitwertbedingung eingehalten.

In drei veterinärmedizinischen Einrichtungen wurden Formaldehydmessungen in Präparatekellern durchgeführt, siehe Tabelle 6. In allen drei untersuchten Präparatekellern wurde die Kurzzeitwertbedingung deutlich überschritten. Die

Kurzzeitwerte waren in 25 wegen der technischen Raumlüftung mit 7fachem Luftwechsel niedriger als in 23 und 24. Die Beschäftigten trugen in allen drei Fällen Atemschutz.

Tabelle 7 enthält die Ergebnisse von Messungen, die bei den vorbereitenden Tätigkeiten für das Veterinär anatomiepraktikum erhoben wurden. In 23 wurden formaldehydgetränkte Proben mit heißem Wasser abgespritzt, dann mit Seifenwasser abgebürstet und anschließend gelüftet. Die Kurzzeitwertbedingung wurde in allen Fällen massiv überschritten. Die Beschäftigten trugen während dieser Tätigkeiten Atemschutz.

In Tabelle 8 sind die Ergebnisse der Messungen von Präparationsarbeiten im anatomischen Labor (24a) bzw. in einer begehbaren Abzugskabine (24b) eines veterinär anatomischen Instituts zusammengefasst. In beiden Fällen wurde der Formaldehydgrenzwert unterschritten.

Weitere Formaldehydmessungen wurden bei Präparations-



Bild 1 | Zuschneidearbeitsplatz mit Einhaltung des Luftgrenzwertes für Formaldehyd.

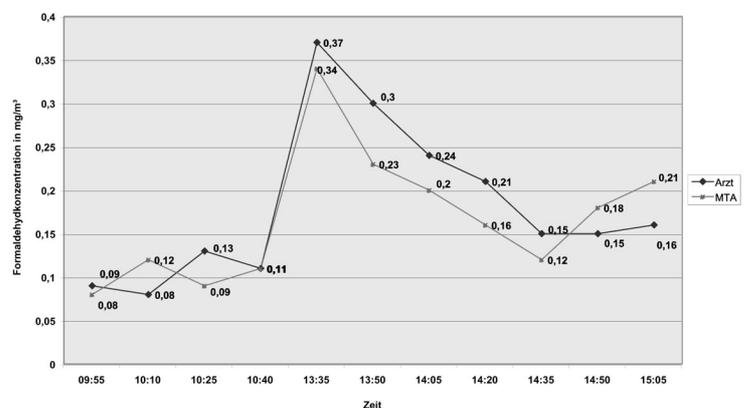


Bild 2 | Kurzzeitwertprofil des Zuschneidearbeitsplatzes 1a (15-Minuten-Wert) über einen Tag.

arbeiten in einem Human- und in einem Veterinär anatomiepraktikum, bei zwei Testaten eines Kurses der Veterinär anatomie und in einer Vorlesung der Veterinär anatomie durchgeführt, siehe Tabelle 9. In 23a und 23b sind die Messergebnisse von Präparationsarbeiten an Pferdeköpfen im Rahmen eines Veterinär anatomiepraktikums zusammengefasst. Die Pferdeköpfe wurden vor dem Praktikum mit heißem Wasser abgespritzt, mit Seifenlösung abgebürstet und gelüftet. Die Praktikumsräume waren mit einer raumluftechnischen Anlage mit gerichteter Zuluft und Abluft an den Sektionstischen (Lochplattenabsaugung) ausgerüstet. Die gemessene Luftwechselrate in den Praktikumsräumen war 10fach. Der Formaldehydgrenzwert wurde sowohl bei den Studierenden als auch beim betreuenden Personal unterschritten. In 26a und 26b wurden über Nacht gewässerte Präparate (mit Formaldehyd fixierte Rottweiler- und Kuhköpfe) für Testate als Anschauungsobjekte verwendet. Der Luftgrenzwert wurde hier dauerhaft sicher eingehalten. Die raumluftechnische Anlage war während der Messungen nicht in Betrieb. 25 beschreibt die Expositionsverhältnisse einer Vorlesung in einem veterinär anatomischen Institut. Als Anschauungsobjekt befand sich im Vorlesungssaal vor der Tafel ein an einer Vorrichtung hängendes formaldehydfixiertes Pferd. Das Pferd war vor und nach der Präsentation zur Verringerung der Formaldehydexposition mit Tüchern abgedeckt. Der Formaldehydgrenzwert war sowohl beim Dozenten als auch bei den Studierenden dauerhaft sicher eingehalten. In 27 fanden im Rahmen eines Kurses der makroskopischen Humananatomie Präparationsarbeiten an ganzen formalingetränkten Leichen sowie an Hirnen statt. Der Präparationsaal war mit einer raumluftechnischen Anlage mit 22fachen Luftwechsel ausgerüstet. Die ermittelten Stoffindizes lagen bei einer Expositionszeit von vier Stunden im Bereich von 0,16 bis 0,48.

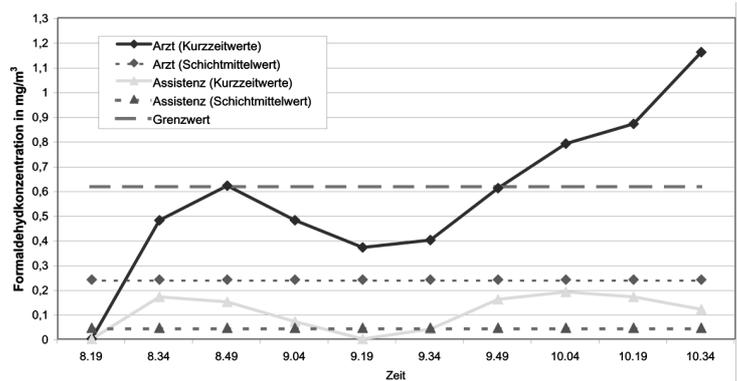
## 6 Schlussfolgerungen

### 6.1 Pathologie

Die vorliegenden Messergebnisse zeigen, dass für die Formaldehydbelastung an den Zuschneidearbeitsplätzen die Wirksamkeit der Lüftungstechnischen Anlage, die Arbeitsplatzhygiene sowie die Größe und Gewebeart der Proben maßgeblich sind. An den Zuschneidearbeitsplätzen in der Human- und Veterinärpathologie sowie an den unmittelbar daneben oder gegenüber anschließenden Assistenzarbeitsplätzen kann auch der von der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der DFG [2] vorgeschlagene Grenzwert eingehalten werden, wenn vorzugsweise unter gerichtetem Zuluftstrom eine Lochplattenabsaugung mit einer hohen Abluftleistung installiert ist und Formaldehydemissionsquellen auf das unabdingbare Maß reduziert werden. So ist darauf zu achten, dass Formaldehydlösungen nicht offen herumstehen, sondern konsequent mit Deckeln verschlossen werden, die Arbeitsflächen regelmäßig von Formaldehydlösung gereinigt, gebrauchte Zellstofftücher sofort in geschlossene Behälter entsorgt und keine höher konzentrierten Formaldehydlösungen zum Fixieren bzw. Nachfixieren verwendet werden. Die Formaldehydbelastung kann zudem an den Zuschneidearbeitsplätzen entscheidend verringert werden, wenn die Proben vorher gewässert oder zumindest an einer abgesaugten Spüle mit Wasser abgespült worden sind. An den untersuchten Biopsiearbeitsplätzen kann auch der



**Bild 3** Zuschneidearbeitsplatz 18 mit Nierenschale zum Umgießen.



**Bild 4** Zuschneiden von Geweben am Zuschneideplatz 18, Kurzwertprofil und Schichtmittelwerte (unter Berücksichtigung der Exposition von 3 h/Schicht).



**Bild 5** Zuschneidearbeitsplatz mit offen herumliegenden Zellstofftüchern.

von der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der DFG [2] vorgeschlagene Grenzwert eingehalten werden, wenn eine entsprechend dimensionierte Lochplattenabsaugung installiert ist. Beim Abfüllen von Formaldehydlösung kann der vorgeschlagene Grenzwert nur eingehalten werden, wenn in einem geeigneten Abzug bestimmungsgemäß gearbeitet wird. Das Verwerfen der Proben und die anschließende Vorreinigung sind Tätigkeiten mit einer hohen Formaldehydbelastung und müssen unter Nutzung geeig-

nerer technischer Lüftungseinrichtungen (z. B. Abzug, geeignete Punktabsaugung) erfolgen, um den aktuellen Formaldehydgrenzwert einhalten zu können. Eine allgemeine technische Raumlüftung ist bei diesen Tätigkeiten nicht ausreichend. In den meisten der untersuchten Fälle ist hier das Tragen von Atemschutz erforderlich, da derzeit der Luftgrenzwert nicht eingehalten werden kann. Neben einer geeigneten technischen Lüftungseinrichtung sind zur Verringerung der Formaldehydexposition ergänzende arbeitsorganisatorische Maßnahmen sinnvoll. So sollte das Ausgießen der Formaldehydlösung in eine Spüle möglichst unter laufendem Wasser erfolgen. Zur Vermeidung eines hohen Konzentrationsaufbaus gleich zu Beginn der Entsorgungstätigkeiten sollten kleine Behälter zu Beginn und große Behälter am Ende entsorgt werden. Die zu entsorgenden Proben sollten zur Verringerung der Formaldehydbelastung nicht wöchentlich, sondern in kürzeren Zeitabständen, z. B. täglich, verworfen werden. Bei der Vorreinigung sollte das Ausbrausen der Probenbehälter unterlassen werden, da dies zu einer unnötigen Formaldehydbelastung führt. Eine wesentlich geringere Formaldehydbelastung tritt bei diesen Tätigkeiten auf, wenn die Formaldehydlösung nicht abfiltriert bzw. abdekantiert wird und die Probenbehälter mit dem gesamten Inhalt zur Entsorgung gegeben werden. Diese Art der Entsorgung stellt aus Sicht des Arbeits- und Gesundheitsschutzes die beste Lösung dar. Bei den untersuchten Arbeiten an Einbettautomaten nach dem Stand der Technik (geschlossenes System) und bei der Lagerung der Proben kann auch der von der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der DFG [2] vorgeschlagene Grenzwert eingehalten werden. Im Sektionssaal kann beim Einlegen von Proben in die mit 4%iger Formaldehydlösung gefüllten Behälter auch der von der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der DFG [2] vorgeschlagene Luftgrenzwert unterschritten werden. Beim Abfüllen von Formaldehydlösung sind jedoch Maßnahmen zur Expositionsminderung erforderlich.

## 6.2 Anatomie

In den untersuchten Anatomiekursen für Studierende ist eine hohe Formaldehydbelastung gegeben, wenn an den formaldehydfixierten Objekten präparativ gearbeitet wird. In der Veterinäranatomie können die Formaldehydexpositionen im Praktikum entscheidend verringert werden, wenn die Objekte vorher intensiv gewässert und gelüftet werden. Grundsätzlich sollte sowohl für die Humananatomie als auch für die Veterinäranatomie die Möglichkeit geprüft werden, anstelle von 4%iger Formaldehydlösung weniger belastende Aufbewahrungsmedien einzusetzen, z. B. Phenoxyethanol/Terralin

oder Ethanol, bzw. zur Zwischenaufbewahrung Klotz'sche Lösung. Dagegen sind die ermittelten Formaldehydbelastungen in den Veterinäranatomiekursen bei den Testaten als niedrig zu bewerten, da gewässerte Proben als Anschauungsobjekte verwendet wurden und die dauerhaft sichere Einhaltung sowohl des bestehenden als auch des vorgeschlagenen Luftgrenzwertes für Formaldehyd festgestellt werden konnte. In den vorbereitenden Tätigkeiten zum Veterinäranatomiekurs im Präparateraum und im Vorbereitungsraum kann bereits der aktuelle Formaldehydgrenzwert nicht eingehalten werden. Hier ist das Tragen von Atemschutz zwingend erforderlich. Bei Präparationsarbeiten an formaldehydgetränkten Tieren ist ein Arbeitsplatz mit geeigneter technischer Lüftungseinrichtung (z. B. abgesaugte Kabine, geeignete Punktabsaugung) erforderlich. Auch in diesen Fällen können die Formaldehydexpositionen durch vorherige Wässerung der Proben gesenkt werden. In der untersuchten Anatomievorlesung kann auch der von der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe [2] vorgeschlagene Luftgrenzwert dauerhaft sicher eingehalten werden.

## Literatur

- [1] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz – Luftgrenzwerte (TRGS 900). Ausg. Oktober 2000. B ArbBL (2000) Nr. 10, S. 34-63; zul. geänd. B ArbBL (2002) Nr. 10, S. 76.
- [2] MAK- und BAT-Werte-Liste 2002. Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen und Biologische Arbeitsstofftoleranzwerte. Hrsg.: Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Weinheim: Wiley-VCH 2002.
- [3] BG/BIA-Empfehlungen zur Überwachung von Arbeitsbereichen – Desinfektion von Endoskopen und anderen Instrumenten (Kennzahl 1038). In: BIA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. 28. Lfg. IV/02. Hrsg.: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BIA. Bielefeld: Erich Schmidt 1989 – Losebl.-Ausg.
- [4] BG/BIA-Empfehlungen zur Überwachung von Arbeitsbereichen – Flächendesinfektionen in Krankenhausstationen (Kennzahl 1039). In: BIA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. 29. Lfg. IX/02. Hrsg.: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BIA. Bielefeld: Erich Schmidt 1989 – Losebl.-Ausg.
- [5] Wegscheider, W.: Gefahrstoffbelastung in der Pathologie. BGW-Mitteilungen 1/2003, S. 14-15. Hamburg: Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege 2003.
- [6] Neumann, H.-D.: Gesundheitsrisiken bei Arbeiten in pathologischen Laboratorien – Analyse der Risiken und Maßnahmen zur Risikoreduzierung. Münster: LIT 1994.
- [7] Brenner, E.: Was ist Anatomie? Institut für Anatomie, Histologie und Embryologie der Universität Innsbruck, www2.uibk.ac.at/ahe/anatomie-definition-01-de.html.
- [8] Messverfahren für Gefahrstoffe – Formaldehyd (Kennzahl 7520). In: BIA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. 24. Lfg. III/00. Hrsg.: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BIA. Bielefeld: Erich Schmidt 1989 – Losebl.-Ausg.