

Formaldehydexpositionen in der Humanpathologie: Teil 1 – Bestandsaufnahme im Rahmen der Gemeinsamen Deutschen Arbeitsschutzstrategie und Planung eines Messprogramms

W. Wegscheider, B. Thomas, S. Schlatter, R. Stockmann, D. Römer, J. Gerding

ZUSAMMENFASSUNG In Deutschland führen etwa 350 Institute für Humanpathologie diagnostische Untersuchungen an Gewebeproben durch, wobei Formaldehyd wegen seiner fixierenden und konservierenden Eigenschaften eine zentrale Rolle spielt. Es stellt aber auch ein gesundheitliches Risiko dar, da es krebserzeugend und möglicherweise keimzellmutagen ist. Untersuchungen aus den Jahren 2016 bis 2019 zeigten, dass die Grenzwerte für Formaldehyd in vielen Pathologien noch überschritten werden. Hauptursachen waren nicht ausreichend wirksame Absauganlagen und ungünstige Arbeitspraktiken. Diese Erkenntnisse wurden nun zum Anlass genommen, die Formaldehydexpositionen in der Humanpathologie erneut zu untersuchen und damit die flächendeckende Einführung geeigneter Schutzmaßnahmen zu unterstützen. Zu diesem Zweck wurden zunächst in einem gemeinsamen Projekt des Messtechnischen Dienstes der Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege (BGW) und des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) Prüfstandsmessungen durchgeführt, um geeignete Volumenströme für eine effektive Absaugung zu definieren. Betriebsbesichtigungen der BGW im Rahmen des Arbeitsprogramms der Gemeinsamen Deutschen Arbeitsschutzstrategie (GDA) „Sicherer Umgang mit krebserzeugenden Gefahrstoffen“ führten anschließend zur Identifikation von 30 aus insgesamt über 130 besichtigten Pathologien, deren Schutzmaßnahmenkonzept bereits heute die Einhaltung des Arbeitsplatzgrenzwertes von Formaldehyd wahrscheinlich macht. Ein Mitte 2024 gestartetes Messprogramm des Messsystems Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (MGU), das auf den Erkenntnissen der oben genannten Projekte aufbaut, soll nun nachweisen, ob die Unterschreitung der Formaldehydgrenzwerte in diesen Betrieben sichergestellt werden kann. Die Ergebnisse sollen in Empfehlungen zur Gefährdungsbeurteilung (EGU) einfließen und gute Arbeitsschutzstandards in Pathologien beschreiben.

1 Einleitung

Seit den 2000er-Jahren beschäftigt sich die Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege (BGW) intensiv mit der Formaldehydexposition in Pathologien [1, 2]. Arbeitsplatzmessungen zur Ermittlung der Exposition umfassten neben Formaldehyd auch andere expositionsrelevante Gefahrstoffe wie

Formaldehyde exposure in human pathology: Part 1 – Inventory within the framework of the Joint German Occupational Safety and Health Strategy (GDA) and planning of a measurement program

ABSTRACT In Germany, around 350 institutes for human pathology conduct diagnostic tests on tissue samples, with formaldehyde playing a central role due to its important preservative properties. However, formaldehyde also poses a health risk as it is carcinogenic and possibly mutagenic. Studies from 2016 to 2019 showed that the limit values for formaldehyde are still exceeded in many pathologies. The main causes are insufficiently effective extraction systems and unfavorable working practices. A joint project with the Institute for Occupational Safety and Health of the German Social Accident Insurance (IFA) used test bench measurements to identify suitable volume flows for effective extraction. Plant inspections by the BGW as part of a work program by The Joint German Occupational Safety and Health Strategy (GDA) called „Safe handling of carcinogenic hazardous substances“ led to the identification of 30 out of a total of over 130 pathologies inspected that correspond to a good state of the art. An MGU measurement program (MGU: German Social Accident Insurance Institutions' measurement system for exposure assessment) launched in May 2024 is intended to prove that it is possible to fall below the formaldehyde limits with standard practical measures. The results are to be incorporated into recommendations for risk assessment (EGU) and describe good occupational health and safety standards in pathologies.

Xylol und Ethanol. An den eingesetzten Chemikalien hat sich in den vergangenen Jahrzehnten nahezu nichts verändert. Seit 2015 existiert für die Begrenzung der inhalativen Formaldehydexposition ein Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) nach der Technischen Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 900 von 0,37 mg/m³ mit einer zulässigen Kurzzeitwerthöhe über 15 Minuten von 0,74 mg/m³ [3]. Formaldehyd wurde aufgrund seiner krebserzeugenden Wirkung

mehrfach neu bewertet, anfangs als „begründeter Verdacht“ und seit 2015 als bestätigte Wirkung der Kategorie 1B (Stoffe, die wahrscheinlich beim Menschen karzinogen sind). Eine Substitution von Formaldehyd ist nach derzeitigem Stand in der diagnostischen Pathologie nicht möglich.

Formaldehyd spielt bezüglich der inhalativen Belastung bei den Arbeitsprozessen der etwa 350 humanmedizinischen Pathologien in Deutschland die wesentliche Rolle. In geringerem Maße können aufgrund möglicher Mehrfachbelastungen auch die eingesetzten Lösemittel von Relevanz sein. 2016 bis 2019 führte die BGW gemeinsam mit den Ländermessstellen und Unfallkassen ein Messprogramm mit Schwerpunkt auf Formaldehyd durch. Ziel war es, die Einhaltung der Gefahrstoffgrenzwerte in Pathologien mit guten technischen und organisatorischen Rahmenbedingungen zu dokumentieren [4]. Dieses Ziel wurde jedoch nicht vollständig erreicht, da trotz der grundsätzlich guten betrieblichen Bedingungen noch viele Grenzwertüberschreitungen für Formaldehyd auftraten.

Um einen Stand der Technik definieren zu können wurden daher von der BGW Prüfstandsuntersuchungen beim Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA) in Sankt Augustin initiiert. Die Resultate bildeten die Grundlage für Besichtigungen im Rahmen des Gemeinsamen Deutschen Arbeitsschutzstrategie (GDA)-Programms („Sicherer Umgang mit krebserzeugenden Gefahrstoffen – KeGS“) durch die Aufsichtsdienste. Ein anschließendes Messprogramm wird unter Berücksichtigung der bei den Prüfstandsuntersuchungen und GDA-Besichtigungen gewonnenen Erkenntnisse zur Ableitung überprüfbarer Arbeitsschutzstandards in Pathologien führen.

2 Prüfstandsuntersuchungen

In der Humanpathologie besteht insbesondere beim Zuschnitt von Gewebeproben, bei Umfüllarbeiten und bei der Entsorgung von Asservaten Umgang mit Formaldehydlösungen. Dabei werden in der Regel Lochblechtische mit Untertischabsaugung eingesetzt, um die Formaldehydexposition der Beschäftigten zu minimieren. Die Leistungsparameter der Lochblechtische waren bisher nicht definiert, was eine Leistungsbewertung der Absaugung in der Praxis erschwert.

Für eine Erhebung des technischen „Soll-Zustandes“ der Formaldehyderfassung bei Tätigkeiten in Pathologien wurden im IFA Prüfstandsuntersuchungen im Rahmen des Forschungsprojekts 3153 „Absaugsysteme zur Verringerung der Formaldehydbelastung in Pathologien“ konzipiert und durchgeführt [5]. Konkretes Ziel des Projekts war es, effektive Absaugungstechniken zur Reduzierung der Exposition von Beschäftigten in Pathologien gegenüber Formaldehyddämpfen, bezogen auf die pathologieüblichen Tätigkeiten Zuschnitt, Umfüllen von Formaldehydlösungen und Entsorgung von Asservaten, zu ermitteln.

Im Zuge des Projektes wurden sowohl Lüftungstechnische als auch nachstellende Untersuchungen durchgeführt. Bei den nachstellenden Untersuchungen wurde die Exposition bei den genannten Tätigkeiten gemessen. Hierdurch konnten wertvolle Erkenntnisse über die Expositionshöhe bei verschiedenen Bedingungen gesammelt und Wissenslücken geschlossen werden.

Die Wirksamkeit von Untertischabsaugungen als etablierte technische Schutzmaßnahme wurde dabei genauer untersucht. Ziel der Lüftungstechnischen Untersuchungen war es, allgemeine Informationen über das Absaugverhalten zu generieren und das

Verständnis der Strömungsverhältnisse an einem Pathologietisch (Lochblechtisch mit Untertischabsaugung) zu verbessern. Ziel der nachstellenden Untersuchungen war es, durch Variation verschiedener Randparameter deren Einfluss auf die Exposition zu ermitteln. Insbesondere sollte dabei die Mindestabsauggeschwindigkeit ermittelt werden, die für die untersuchten Tätigkeiten für eine ausreichend wirksame Erfassung erforderlich ist. Die gewonnenen Daten können für die Planung von Messungen sowie für Beratungen von Pathologien genutzt werden.

2.2 Methodik allgemein

Die Untersuchungen wurden in einer Prüfkammer an einem Lochblechtisch mit Untertischabsaugung durchgeführt, der optional mit einer aufgesetzten Haube (halboffene Erfassung) ergänzt werden konnte. Der abgesaugte Volumenstrom wurde mithilfe eines Staugitters in der Abluftleitung ermittelt. Für die Messung der Konzentration von Formaldehyd in der Luft kamen sowohl probenehmende als auch direktanzeigende Messsysteme zum Einsatz, wobei letztere zur Darstellung des zeitlichen Verlaufs der Formaldehydkonzentration und zur Identifikation von Belastungsspitzen genutzt wurden. Die Analyse der beaufschlagten Probenträger erfolgte im IFA.

Emissionsquellen außerhalb der Absaugung können die Exposition beeinflussen, etwa durch das Ansaugen kontaminierter Luft. Trotz effektiver Absaugung können diese Quellen zu Gefahrstoffbelastungen führen. Bei den Prüfstandsuntersuchungen wurden solche Emissionsquellen durch technische und organisatorische Maßnahmen ausgeschlossen.

Eine detaillierte Übersicht der untersuchten Methodenparameter wird in dem Abschlussbericht des Forschungsprojekts erläutert [5].

2.3 Methodik der Lüftungstechnischen Untersuchungen

Zunächst erfolgte eine Analyse der Einströmung über die Lochblechfläche. Die Gesamtabzugvolumenströme wurden variiert und die sich dadurch ergebenden Einströmgeschwindigkeiten an verschiedenen Punkten mittels Flügelradanemometer gemessen. Mit dem Ziel, praktikable und einfach durchführbare Vor-Ort-Messungen der Einströmgeschwindigkeit in einzelnen Pathologielaboren zu ermöglichen, wurde ein Messsystem unter Verwendung eines Messtrichters (Bild 1) genutzt und überprüft.

Die Strömungsverhältnisse wurden außerdem mithilfe von Nebelaerosolversuchen visualisiert, um zu erkennen, wie sich die Luftbewegung in der Arbeitsumgebung unter verschiedenen Bedingungen verhält. Verwendet wurden hierfür ein Nebelgenerator und eine flächige Kammer mit Lochplatte zur induktionsarmen Ausbringung des Nebels. Die entstehenden Strömungspfade wurden fotografisch und per Video dokumentiert.

2.4 Methodik der nachstellenden Untersuchungen

Mitarbeitende des IFA simulierten typische Tätigkeiten in der Pathologie (Zuschnitt, Umfüllen von Formaldehydlösungen und Entsorgung von Asservaten), wobei sie mit den üblichen Arbeitsmitteln der Pathologie und einer branchenüblichen vierprozentigen Formaldehydlösung arbeiteten. Vor Beginn erhielten die Mitarbeitenden eine umfassende Einweisung in die Ausführung der Tätigkeiten, basierend auf Videoaufnahmen aus der Praxis, die

von der BGW bereitgestellt wurden. Zusätzlich gab eine Fachkraft aus der Pathologie Anweisungen, um sicherzustellen, dass die Simulation realistisch war. Während der Versuche wurden verschiedene Randparameter wie Absaugvolumenströme, offene und halboffene Erfassung sowie Größe und Position des Schneidbrettes variiert. Die Formaldehydkonzentrationen wurden an verschiedenen Messstellen gemessen, einschließlich über dem Tisch, in der Abluft und personengetragen. Für jede Versuchsanordnung erfolgten mehrere Einzelversuche, um eine höhere statistische Aussagekraft zu erzielen. Insgesamt wurden im Rahmen des Projekts etwa 500 Probenräger belegt, wobei der Großteil der Versuche auf die Tätigkeit „Zuschneiden“ entfiel.

2.5 Ergebnisse der lüftungstechnischen Untersuchungen

Die Visualisierung der Strömungsdynamik mithilfe des Theaternebels lieferte unter anderem die Erkenntnis, dass bei ausreichendem Absaugvolumenstrom und vorhandenem Abstand zwischen dem Schneidbrett und der vorderen Tischkante der Nebel wirksam abgeführt wird. Bei fehlendem Abstand wurde beobachtet, dass der Nebel am Kopf des Probanden aufstieg, besonders dann, wenn die Unterarme zusätzlich Teile des Lochblechs abdeckten.

Bei Verwendung einer Haube wurde der Nebel vermehrt über die untere Vorderkante des Tisches abgesaugt, während die Einströmung des Nebels im oberen Bereich der Haubenöffnung geringer war. Die Luftgeschwindigkeitsmessungen ergaben, dass die höchsten Geschwindigkeiten nahe der Tischoberfläche auftraten.

2.6 Ergebnisse der nachstellenden Untersuchungen

Die Ergebnisse der nachstellenden Untersuchungen zu den Tätigkeiten „Zuschneiden“, „Asservate entsorgen“ und „Formaldehydlösung umfüllen“ wurden detailliert analysiert und statistisch ausgewertet. Dabei lag der Fokus auf den gemessenen Formaldehydkonzentrationen an verschiedenen Messorten unter Berücksichtigung verschiedener Randbedingungen wie der Größe und Position des Schneidbrettes, des Absaugvolumenstroms der Untertischabsaugung und der Verwendung einer Haube.

Für das „Zuschneiden“ (vgl. Bild 4) wurden an drei Messstellen (in der Tischabluft, personengetragen und über dem Tisch) Messwerte generiert. Die Auswertung zeigte, dass niedrigere Absaugvolumenströme eine schlechtere Erfassung der Formaldehyddämpfe bedingten, wohingegen das Vorhandensein einer Haube die Erfassung verbesserte (Bild 2).

Die Versuche zeigten die Effektivität einiger technischer und organisatorischer Schutzmaßnahmen. Die Exposition konnte durch Erhöhung des Absaugvolumenstroms bzw. der Absauggeschwindigkeit, das Vorhandensein einer freien Lochreihe zwischen Schneidbrett und vorderer Tischkante und durch den Einsatz einer Haube beim Zuschneiden deutlich reduziert werden. Unter den gegebenen Bedingungen, insbesondere bei einer abgesaugten Fläche von 0,58 m², lag die Exposition bei offener Erfassung und Volumenströmen von mindestens 300 m³/h sowie einem Abstand zwischen Schneidbrett und Tischvorderkante unter dem AGW. Für diesen Volumenstrom wurde mit der Messhaube (Ansaugquerschnitt 200 mm, Messquerschnitt 100 mm) eine Strömungsgeschwindigkeit auf dem Lochblech von ca. 0,8 m/s gemessen. Aufgrund messtechnischer Unsicherheiten wird für Zu-



Bild 1. Flügelradanemometer Testo Typ 417 mit Messtrichter Ø 200 mm auf einem Lochblechtisch in einer Pathologie. Foto: Autoren

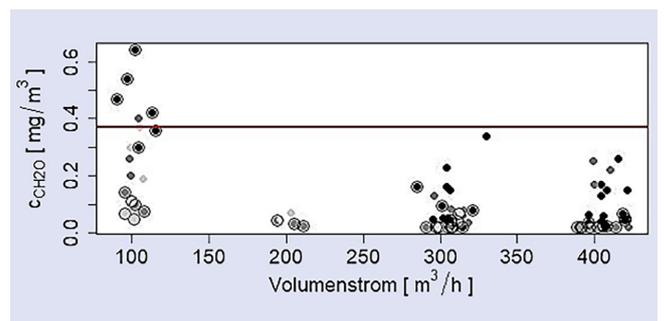


Bild 2. Formaldehydkonzentration, gemessen stationär über dem Tisch als Funktion des Volumenstroms ohne Haube (schwarz), bei offener Haube (dunkelgrau) und geschlossener Haube (hellgrau). Umkreiste Werte kommen aus Messungen bei kleinem Brett. Die Linie zeigt den Arbeitsplatzgrenzwert von 0,37 mg/m³ an. Grafik: Autoren

schnearbeiten mit einem subjektiven Sicherheitszuschlag eine Mindestabsauggeschwindigkeit von 0,9 m/s, gemessen mit der verwendeten Messhaube, empfohlen.

Anhand der direktanzeigenden Messungen wurde deutlich, dass insbesondere das Öffnen von mit Formaldehyd gefüllten Behältnissen einen sprunghaften Anstieg der Exposition verursacht. Der „Sogeffekt“ beim Öffnen führt dazu, dass Luft und Dampf schneller aus dem Behältnis entweichen und sich in der Umgebung verteilen.

Bei der Tätigkeit „Umfüllen von Formaldehydlösung“ (vgl. Bild 5) ergaben sich insgesamt die höchsten Expositionen. Ein deutliches Absinken der Exposition konnte erst durch sehr hohe Absaugvolumenströme realisiert werden. Die direktanzeigenden Messungen machten den zeitlichen Zusammenhang zwischen dem Umfüllvorgang und dem Anstieg der Konzentration sehr deutlich (Bild 3). Dabei wurde die Tätigkeit „Umfüllen“ ohne Haube in neun Versuchen mit verschiedenen Volumenströmen (ca. 400, 700 und 1 000 m³/h) nachgestellt. Bild 3 zeigt den Mittelwert der Formaldehydkonzentration (über 15 Minuten) bei den drei Volumenströmen (roter Balken) und die Konzentrationsspitzen für je vier aufeinanderfolgende Umfüllvorgänge.

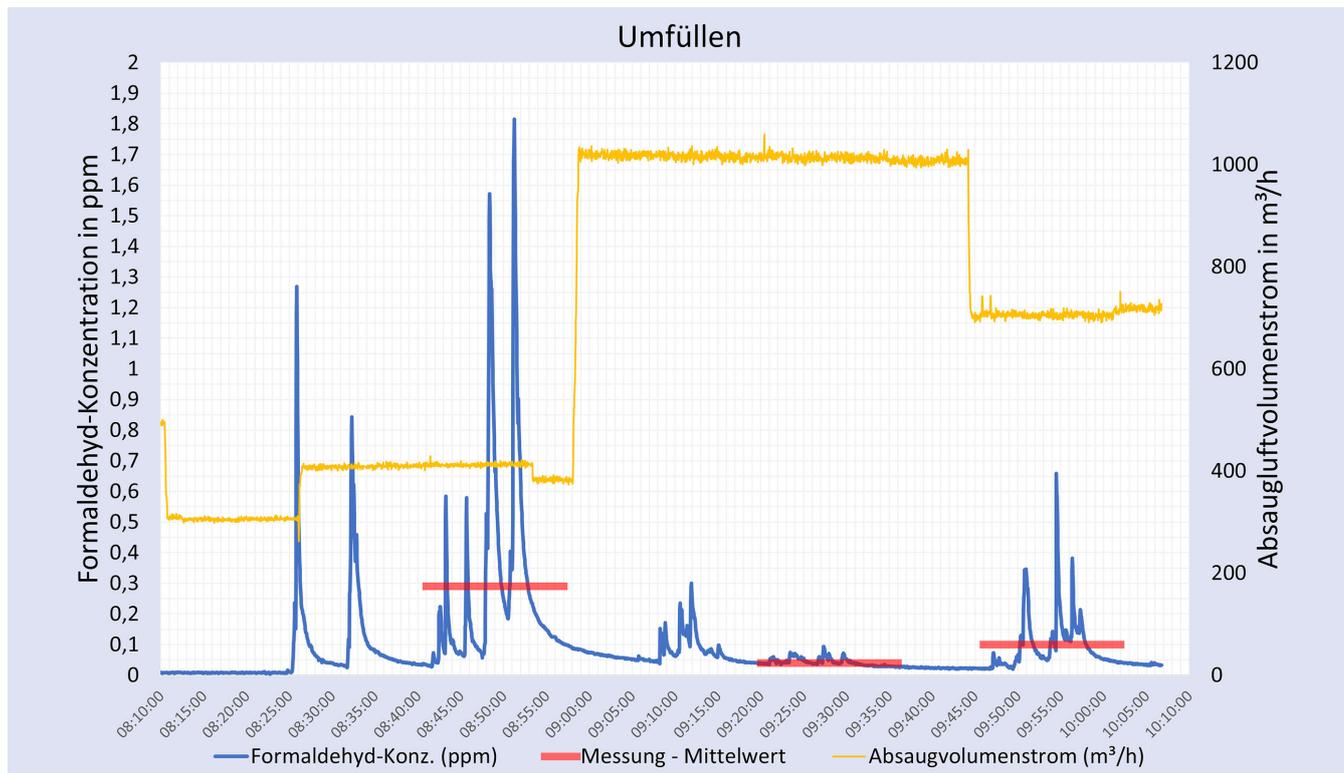


Bild 3. Formaldehydkonzentration in ppm, gemessen mit direktanzeigendem Messgerät Interscan 1166; Formaldehyd (stationär personenbezogen, blaue Linie) und Absaugvolumenstrom (Achse rechts, gelbe Linie) als Funktion der Zeit für die Tätigkeit „Umfüllen/Chemikalienwechsel“. Die roten Balken stellen die 15-Minuten-Mittelwerte der Formaldehydkonzentration dar. Die dargestellten Versuche erfolgten ohne den Einsatz der Haube. *Grafik: Autoren*



Bild 4. Zuschnitt mit stationärer Probenahme.
Foto: Autoren



Bild 5. Umfüllen vom Formaldehydlösungen.
Foto: Autoren



Bild 6. Asservate entsorgen.
Foto: Autoren

Die Konzentrationsmaxima sind bei einem Volumenstrom von ca. 400 m³/h höher als bei 700 m³/h und bei 1 000 m³/h am niedrigsten. Auch die Mittelwerte spiegeln dies wider.

Für die Tätigkeit „Asservate entsorgen“ (vgl. Bild 6), die das Abgießen der Formaldehydlösung unmittelbar über der Absaugfläche und den Abwurf der Gewebeproben in einen abgesaugten Abfallbehälter umfasst, lagen die Expositionen für alle untersuchten Absaugvolumenströme unterhalb eines Viertels des Grenzwerts. Bei beiden Tätigkeiten zeigten die stationären etwas niedrigere Konzentrationen als die personengetragenen Messungen.

Zusammenfassend wurde festgestellt, dass bei allen untersuchten Tätigkeiten der Absaugvolumenstrom und beim „Zuschneiden“ (Bild 4) das Vorhandensein eines Abstands zwischen Schneidbrett und Tischvorderkante signifikante Auswirkungen

auf die Exposition gegenüber Formaldehyd hatten. Eine weitere Erkenntnis ist, dass insbesondere das Öffnen von Behältern mit Formaldehydlösung zu einem Anstieg der Exposition führte. Dieser Effekt nimmt mit zunehmendem Absaugvolumenstrom ab. Die Tätigkeit „Umfüllen/Chemikalienwechsel“ (Bild 5) führte zu den höchsten Expositionen mit Überschreitung der Kurzzeitwerthöhe (0,74 mg/m³). Das „Asservate entsorgen“ (Bild 6) kann mit geringen Konzentrationen erfolgen, wenn der Abgießvorgang im Erfassungsbereich einer wirksamen Absaugung erfolgt und die Gewebeproben in einen abgesaugten Abfallbehälter entsorgt werden. Das Vorhandensein einer Haube hat einen stark expositionsmindernden Effekt und wirkt sich dadurch, dass weniger Luftvolumenstrom zur Erfassung erforderlich ist, auch zusätzlich energetisch begünstigend aus.

Tabelle 1. Tätigkeiten und empfohlene Schutzmaßnahmen.

Tätigkeit	Empfohlene Schutzmaßnahmen
Zuschneiden	<ul style="list-style-type: none"> – Lochblechabsaugung mit Absaugvolumenstrom mind. 500m³/h je 1 m² Tischfläche – Abstand zwischen Schneidbrett und Tischvorderkante (Pathologe) für eine bessere Luftführung
Umfüllen von Formaldehydlösungen / Chemikalienwechsel	<ul style="list-style-type: none"> – Verwendung eines Laborabzuges oder einer Einhausung mit Absaugung (halboffene Erfassung)
Asservate entsorgen	<ul style="list-style-type: none"> – Abgießen der Flüssigkeit im Erfassungsbereich einer wirksamen Absaugung – Absaugung der Sammelbehälter für Gewebeprobe und Formaldehydlösung
Allgemein	<ul style="list-style-type: none"> – Emissionsquellen erkennen und minimieren oder vermeiden: z. B. mit Formaldehydlösung befüllte Behältnisse nur so oft und lange wie nötig öffnen, möglichst verschlossen halten oder umgehend wieder verschließen – Nicht vermeidbare Emissionsquellen (z. B. aus Abfalleimern, die formaldehydgetränkte Zellstofftücher enthalten) in den Erfassungsbereich einer Absaugung bringen – Konsequente Beseitigung von Resten der Formaldehydlösung vor Abschaltung der Absaugung auf und unter dem Lochblech – Probenbehälter mit Formaldehydlösung und Gewebeprobe können eventuell ungeöffnet entsorgt werden (Komplettentsorgung)

Basierend auf den Ergebnissen der Prüfstandsuntersuchungen konnten Empfehlungen für tätigkeitsbezogene Schutzmaßnahmen in Humanpathologien formuliert werden (**Tabelle 1**).

3 GDA-Besichtigungen

Die GDA fördert die Zusammenarbeit von Bund, Ländern und den Unfallversicherungsträgern, um insbesondere ein gemeinsames Präventionshandeln im Arbeitsschutz zu erreichen, mit dem gemeinsamen Ziel, die Gefährdungsbeurteilungen insbesondere in kleinen und mittelgroßen Betrieben zu stärken. Als Schwerpunktsetzung wurden drei Arbeitsprogramme auf den Weg gebracht. Alle drei Programme sind dabei als verstetigende Programme zu verstehen, die bestimmte Aspekte aus vorangegangenen gemeinsamen Arbeiten aufgreifen und unter dem Dach der GDA fokussieren. Die Besichtigung mit Systembewertung im Rahmen der GDA bildet dabei stets die Grundlage für die umfassende Betrachtung des betrieblichen Arbeitsschutzes.

Die Fragestellung der Formaldehydexposition in Pathologien wurde von der BGW im Rahmen des GDA-Arbeitsprogramms KeGS aufgegriffen und von den Präventionsdiensten eine GDA-Besichtigungsaktion durchgeführt. Im Vorgriff auf die Auswertungen des GDA-Arbeitsprogramms werden die aus den GDA-Besichtigungen in Pathologien gewonnenen Erkenntnisse in dieser Publikation bereits insoweit dargestellt, als sie Einfluss haben auf die Planungen des anschließenden -Messprogramms 9218 „Gefahrstoffexposition in Pathologien der Humanmedizin (Best Practice)“ des Messsystems Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (MGU), welches die inhalative Gefahrstoffexposition insbesondere gegenüber Formaldehyd im Fokus hat.

Mithilfe der Besichtigungen wurde die Zielerreichung des GDA-Arbeitsprogramms angestrebt, die Pathologien hinsichtlich der Prävention von krebserzeugenden Gefahrstoffen zu sensibilisieren, systematische Präventionsansätze zu überprüfen und zu fördern sowie Empfehlungen umzusetzen. Zudem sollte eine Auswahl von Pathologien ermöglicht werden, die aufgrund guter Absaugtechnik und guter Arbeitsprozesse für das Messprogramm 9218 geeignet erschienen.

Ausgewählte Expertinnen und Experten der BGW-Präventionsdienste besichtigten im Rahmen des GDA-Programms „KeGS“ deutschlandweit mehr als 130 Pathologien, und damit mehr als

ein Drittel aller deutschen Pathologien. Die Aufsichtspersonen wurden vorab im Rahmen zweier Qualifizierungsveranstaltungen zur Ermittlung und Dokumentation von gefahrstoffbezogenen Arbeitsprozessen in Pathologien unterwiesen. Im Fokus standen die Zuschneideplätze, aber auch Arbeitsplätze zum Flüssigkeitstransfer von Formaldehydlösung und zur Entsorgung von Asservaten. Ein zusätzlicher Baustein der Besichtigungen war die Ermittlung der Erfassungsgeschwindigkeiten an den abgesaugten Arbeitsplätzen, an denen mit Formaldehyd gearbeitet wurde. Für diese Geschwindigkeitsmessungen standen den Aufsichtspersonen spezielle Messgeräte (vgl. Bild 1) zur Verfügung. Die Aufsichtspersonen der BGW erfassten durch die Besichtigungen und Messungen die aktuelle Situation in den Pathologien und dokumentierten diese mittels GDA-Grunddatenbogen, GDA-Fachdatenbogen und einem speziell erstellten Fragebogen des Bereichs Gefahrstoffe und Toxikologie der BGW (GuT). Der GDA-Grunddatenbogen erfasste die Besichtigung im Rahmen einer Systembewertung und umfasste im Wesentlichen die gesetzlichen Anforderungen aus dem Arbeitsschutzgesetz. Der GDA-Fachdatenbogen ergänzte diese Dokumentation durch ausgewählte arbeitsschutzbezogene Merkmale zu krebserzeugenden Gefahrstoffen wie zum Beispiel das Führen eines Expositionsverzeichnisses.

Der für die Besichtigungen zusätzlich entwickelte GuT-Fragebogen war auf Pathologien detailliert abgestimmt. Eine der wesentlichen Informationen waren Angaben zur Wirksamkeit vorhandener Absaugungen. Die abgeschlossenen Prüfstandsuntersuchungen lieferten einen Wert für die Mindestabsauggeschwindigkeit von 0,9 m/s auf der Lochblechabsaugung und damit ein objektives Kriterium für die Beurteilung der Wirksamkeit der Erfassung. Die Geschwindigkeitsmessungen wurden durch die Aufsichtspersonen in jeder Pathologie durchgeführt und ermöglichten eine Aussage zur Einhaltung des Standes der Technik.

Zur Bestimmung der Absauggeschwindigkeiten wurden auf einem leergeräumten Lochblechtisch jeweils fünf Messungen durchgeführt, aus denen der Mittelwert gebildet wurde. Für die Berechnung des entsprechenden Volumenstroms wurde zusätzlich die Fläche des Lochblechtisches mit aufgenommen (**Bild 7** und **Bild 8**). Dabei entsprach der Median der gemessenen Absauggeschwindigkeiten (0,97 m/s) nahezu der aus den Prüfstandsuntersuchungen abgeleiteten Mindestabsauggeschwindigkeit.

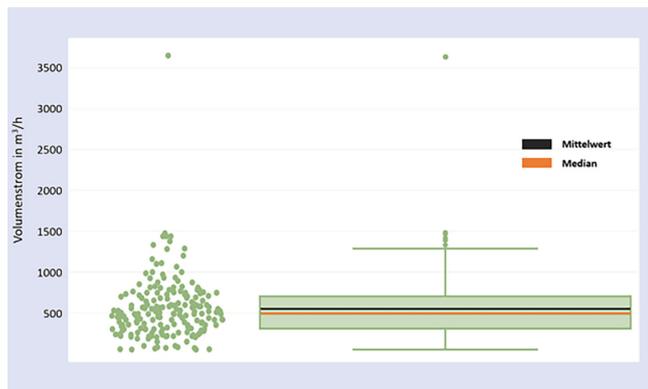


Bild 7. Boxplot-Diagramm der berechneten Volumenströme aus den GDA-Besichtigungen. *Grafik: Autoren*

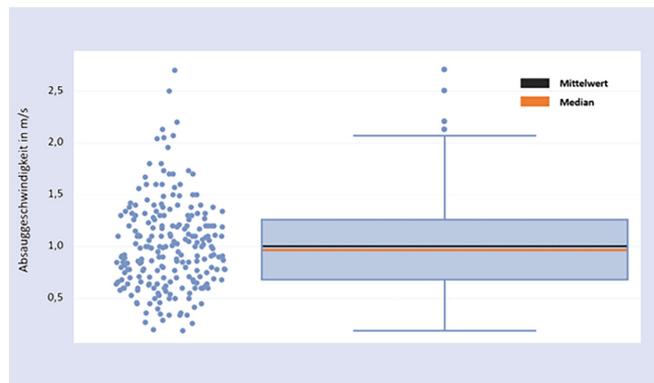


Bild 8. Boxplot-Diagramm der gemessenen Absauggeschwindigkeiten aus den GDA-Besichtigungen. *Grafik: Autoren*

keit. Von den mehr als 130 besichtigten Pathologien erfüllten oder übertrafen 30 diese definierte technische Mindestanforderung.

Ergänzend zum Fragebogen und den Messungen der Luftgeschwindigkeit wurde eine Experteneinschätzung der Aufsichtspersonen eingeholt, ob die technisch gut ausgestatteten Pathologien umfassend gute Arbeitsschutzstandards haben. Daraus verließen 22 Pathologien, bei denen alle Rahmenbedingungen erwarten ließen, dass eine Einhaltung der Formaldehydgrenzwerte wahrscheinlich ist.

Aufbauend auf dem so ermittelten Status Quo im Rahmen des neu konzipierten Messprogramms konnte an der Ableitung von Best-Practice-Maßnahmen für Pathologien gearbeitet werden.

4 Planung und Konzeption eines MGU-Messprogramms

Das MGU organisiert systematisch die Ermittlung von Betriebs- und Expositionsdaten über Messprogramme, die von den Unfallversicherungsträgern, dem IFA und weiteren Partnern durchgeführt werden. Ziel ist es, umfassende Daten zu Gefahrstoffen zu dokumentieren und auszuwerten, um Gefährdungen am Arbeitsplatz präzise zu beurteilen und die gesetzlichen Aufgaben der Unfallversicherungsträger bei der Prävention zu unterstützen.

Im Juni 2024 wurde das MGU-Messprogramm 9218 „Gefahrstoffexposition in Pathologien der Humanmedizin (Best Practice)“ im Rahmen einer GDA-Initiative gemeinsam mit Messstellen der Unfallversicherungsträger und Ländermessstellen gestartet. Ein qualifizierender Erfahrungsaustausch mit allen beteiligten Messstellen zu den pathologieüblichen Arbeitsprozessen und die Veröffentlichung einer Handlungsanleitung zur gemeinsamen Messstrategie und Dokumentation bildeten den Start der Arbeitsplatzmessungen, die voraussichtlich bis Mitte 2025 abgeschlossen sein werden. Die aus dem Messprogramm abgeleiteten Erkenntnisse sollen in Empfehlungen der Unfallversicherungsträger zur Gefährdungsbeurteilung (EGU) einfließen. Damit soll erstmalig für Pathologien die Möglichkeit eröffnet werden, mittels einer branchenweiten Handlungshilfe im Sinne der TRGS 400 [6] auf kostenintensive Arbeitsplatzmessungen zu verzichten.

Zielgröße des Messprogramms ist die Einhaltung einer Expositionshöhe von einem Viertel des Formaldehydgrenzwerts in Bezug auf die jeweilige Tätigkeit. Eine verkürzte Exposition nach

TRGS 402 Nr. 5.2 [7] wird nicht berücksichtigt. Bei prozessbedingt kurzen Tätigkeiten bis zu 15 Minuten kann auch ein Viertel des Kurzzeitwerts als Zielgröße betrachtet werden.

Die Entscheidung über die grundsätzliche Eignung einer Pathologie für das neu aufgelegte Messprogramm basiert zunächst auf ausreichender Absaugung (Stand der Technik). Abgeleitet von den Prüfstandsuntersuchungen wurde eine Mindestabsauggeschwindigkeit für Standardtätigkeiten an Lochblechabsaugungen definiert (0,9 m/s), welche es einzuhalten gilt. Ausnahmen sind Tätigkeiten an abzugsähnlichen Schutzvorrichtungen, für die es keine Mindestkriterien gibt. Der Stand der Technik wird für diese Schutzmaßnahme zunächst angenommen.

Aus den Dokumentationen der GDA-Besichtigungen und der Fachexpertise der Aufsichtspersonen konnten von den 30 Pathologien mit ausreichendem Stand der Technik 22 Pathologien mit zusätzlich guter Arbeitsorganisation identifiziert werden. Um neben diesen Voraussetzungen das Vorhandensein von angemessenen Arbeits- und Verfahrensabläufen zu eruieren bzw. durch erweiterte Maßnahmen zu erreichen, fanden in den ausgewählten Pathologien Besichtigungen durch den Messtechnischen Dienst der BGW (MTD) statt. Die ausreichende Absaugung war als Grundvoraussetzung schon über die GDA-Besichtigungen durch die Aufsichtspersonen sichergestellt. Dieser Wert wurde bei den Besichtigungen durch den MTD noch einmal überprüft und damit auch die Stabilität der Absaugleistung geprüft. Besonderes Augenmerk lag bei diesen Besichtigungen auf einfach umsetzbaren, bewährten Arbeitsabläufen (**Tabelle 2**), u. a.

- Optimale Nutzung vorhandener technischer Möglichkeiten,
- Umsetzung von Prozessverbesserungen,
- Anwendung wirksamer Arbeitsplatzhygiene.

In jeder besichtigten Pathologie gab es Potenzial für Verbesserungen, auch wenn schon ein guter Grundzustand vorhanden war. Zum Beispiel wurden nicht abgesaugte Abfallbehälter, in denen sich formaldehydgetränkte Zellstofftücher befanden, regelmäßig thematisiert. Als einfache Maßnahme wurde ein Abfallbehälter mit Push-Deckel empfohlen, in einzelnen Fällen wurde auch eine vorhandene abgesaugte Abwurföffnung mit Mülleimer vorgefunden, die vorher noch nicht genutzt wurde. Andererseits gab es auch Arbeitsprozesse in einzelnen Pathologien, die zu einer vermeidbaren Belastung führen konnten. Zum Beispiel wurde in einer Pathologie vor dem Zuschnitt die Formaldehydlösung aus allen eingehenden Probenbehältern ab einer bestimmten Größe an einem nicht abgesaugten Arbeitsplatz abgegossen und durch Wasser ersetzt. Nach dem Zuschnitt wurde das Wasser wieder ausge-

Tabelle 2. Potenziell sichere Maßnahmen bei Tätigkeiten in Pathologien.

Tätigkeiten; Arbeitsschritte	Mögliche Emissionsquellen	Potenziell sichere Maßnahmen
Makroskopie / großer Zuschnitt; Gewebeprobe aus Behälter nehmen, evtl. abspülen/wässern, makroskopisch begutachten, zuschneiden, einkapseln	Offene Oberflächen, die Formaldehyd emittieren: Gewebeprobe, Pfützen auf dem Zuschneidebrett, offene Probenbehälter, offene Wannen für Kapseln mit Makroschnitten, Formaldehydgetränkte Zellstofftücher, offene Abfallbehälter	Ausreichende Absaugung mit wirksamer Luftführung, ausreichend wirksame Hygiene am Arbeitsplatz, alle Emissionsquellen im Wirkungsbereich der Absaugung, Formaldehydlösung im Wirkungsbereich der Absaugung ausgießen, Trichter vermeiden wegen großer Oberfläche, Emissionen aus dem Sammelbehälter in den Wirkungsbereich der Absaugung leiten, Pfützen vermeiden, Probenbehälter verschlossen entsorgen, Abfallbehälter an Absaugung anschließen oder Öffnung beim Einwurf minimieren (z. B. Push-Deckel)
Assistenz beim großen Zuschnitt (entfällt vereinzelt, wenn der Pathologe/ die Pathologin alles selbst macht); Kapseln beschriften und bereitstellen, Kapseln in Formaldehydlösung ablegen	Emissionen vom Zuschnitt und von Biopsien, nicht abgedeckte bzw. kurzzeitig geöffnete Behälter (Wannen) mit Formaldehydlösung	
Kleiner Zuschnitt/ Biopsie einkapseln; Formaldehydlösung ausgießen, Probe entnehmen, evtl. zuschneiden, einkapseln	Offene Oberflächen, die Formaldehyd emittieren: Gewebeprobe, Zuschneidebrett, offene Probenbehälter, offene Wannen für Kapseln mit Makroschnitten, offene Abfallbehälter	
Entwässerungsautomat (EWA) bedienen: Automat öffnen, Kapseln einlegen/ Kapseln entnehmen, Automat schließen	Formaldehydlösung in der Wanne des EWA, wenn diese vorher mit Lösung befüllt wurde (ist kein Standard)	Ausreichende Absaugung mit wirksamer Luftführung, ausreichend wirksame Hygiene am Arbeitsplatz, alle Emissionsquellen im Wirkungsbereich der Absaugung, Formaldehydlösung im Wirkungsbereich der Absaugung ausgießen, Trichter vermeiden wegen zu großer Entfernung zur Absaugung, Emissionen aus dem Sammelbehälter in den Wirkungsbereich der Absaugung leiten, Pfützen vermeiden, Abfallbehälter an Absaugung anschließen oder Öffnung beim Einwurf minimieren (z. B. Push-Deckel) Absaugung der Automaten, Beschickung nur in leere Aufnahmewanne. Raumlüftung
Behälter mit Prozessflüssigkeiten aus Automaten leeren/ füllen sowie Behälter bereitstellen und öffnen, Behälter leeren, Behälter füllen und schließen	Flüssigkeitsoberflächen beim Umfüllen: evtl. Trichter, offene Behälter, Formaldehyd aus Entwässerungsautomaten/ Lösungsmittel aus Färbe- und Entwässerungsautomaten	Absaug- und Befüllvorrichtung des EWA nutzen, Trichter nur bei wirksamer Absaugung, z. B. in eingehaustem Arbeitsplatz (vergleichbar Laborabzug), Aufenthalt im Emissionsbereich nur über die notwendige Dauer
Weiterer Flüssigkeitstransfer mit Formaldehydlösung		Tätigkeit nur mit ausreichend wirksamer Absaugung, möglichst eingehauster Arbeitsplatz (vergleichbar Laborabzug)
Asservate entsorgen: Formaldehydlösung abgießen, Feststoffe abwerfen, eventuell Behälter reinigen und in Spülmaschine einlegen Oberflächen reinigen	Abgießen der Flüssigkeit und Abwerfen des Präparats	Möglichkeit der Kompletentsorgung prüfen, Öffnung der Asservatenbehälter vermeiden oder Formaldehydlösung im Erfassungsbereich einer wirksamen Absaugung abgießen und Asservate immisionsarm z. B. in abgesaugte Abwurföffnung entsorgen, offene Handhabung der Asservate nur in einer Einhausung (vergleichbar Laborabzug), kontaminierte Behälter nur im Wirkungsbereich einer ausreichenden Absaugung handhaben, z. B. ausspülen und reinigen, Spülmaschine im Wirkungsbereich einer Absaugung

schüttet und frische Formaldehydlösung, ebenfalls an einem nicht abgesaugten Arbeitsplatz, aufgefüllt. Diese mehrfachen Umfüllvorgänge wurden nach der Besichtigung eingestellt. Je nach Arbeitsschutzlevel und üblicher Arbeitspraxis waren somit sehr einfache oder umfangreichere Maßnahmen zum Erreichen von angemessenen Arbeits- und Verfahrensabläufen erforderlich. In der Regel handelte es sich um Optimierungen von Arbeitsprozessen ohne oder mit geringem finanziellen Aufwand. Wichtig war, dass die Pathologieleitungen, Laborleitungen und Beschäftigten gemeinsam mit den Mitarbeitenden des MTD Arbeitsabläufe entwickeln, die langfristig eine hohe betriebliche Akzeptanz haben, um eine dauerhafte Anwendung in der Praxis sicherzustellen. Dazu müssen sie aus der betrieblichen Praxis abgeleitet werden. Wurden die Optimierungsmaßnahmen vereinbart, stand noch eine gewisse Zeit zur Etablierung der Veränderungen zur Verfügung, bevor erste Arbeitsplatzmessungen starteten. Erfahrungsgemäß war für die Umsetzung ein Zeitraum von 2 bis 4 Wochen ausreichend.

Nach Abschluss der Besichtigungen und innerbetrieblicher Umsetzung der Maßnahmen konnten die Arbeitsplatzmessungen Mitte 2024 gestartet werden. In das Messprogramm eingebunden sind MTD der Unfallversicherungsträger, die Messstellen der Länder (Baden-Württemberg, Bayern, Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen) und das IFA. Gemeinsam mit allen Beteiligten wurde eine Handlungsanleitung erarbeitet, in der eine einheitliche Messstrategie und die Dokumentation der Betriebsdaten, Arbeitsprozesse und Messparameter sowie die Auswertestrategie festgelegt wurden. Wesentliche Aspekte der Handlungsanleitung sind:

- Pathologien müssen einen guten technischen Stand vorweisen: gute Absaugtechnik, Mindestabsauggeschwindigkeit am Lochblechtisch 0,9 m/s, wie oben beschrieben.
- Die untersuchten Arbeitsprozesse sind auf eine Minimierung der Exposition ausgelegt.
- Pro Betrieb werden drei Arbeitsplatzmessungen durchgeführt.
- Die Zielgröße für die tätigkeitsbezogene Formaldehydexposition ist < 25 % des AGW bzw. des Kurzzeitwerts.
- Gemeinsame Messstrategie und Dokumentation.

Die ersten gemeinsamen Messungen der Unfallversicherungen und der Ländermessstellen wurden bereits erfolgreich durchgeführt.

5 Fazit und Ausblick

In den letzten Jahrzehnten wurden in deutschen Pathologien erhebliche Fortschritte hinsichtlich der Reduzierung der Formaldehydexposition erzielt. Durch verschiedene Maßnahmen, wie die Einführung und Verbesserung von Absaugtechniken sowie die Sensibilisierung für organisatorische und technische Rahmenbedingungen, konnte die Expositionssituation deutlich verbessert werden. Trotzdem zeigten die letzten Untersuchungen, dass in vielen Fällen die Arbeitsplatzgrenzwerte für Formaldehyd noch immer überschritten werden können.

Im Rahmen von Prüfstandsuntersuchungen konnten wichtige Erkenntnisse gewonnen werden. Es konnte gezeigt werden, dass eine Absaugung mit einem Volumenstrom von mindestens 500 m³/h je m² Tischfläche erforderlich ist, um bei einer offenen

Untertischabsaugung eine effektive Reduktion der Formaldehydexposition zu gewährleisten. Zudem spielen der Abstand der Emissionsquelle zur Absaugoberfläche sowie beim Zuschnitt das Vorhandensein einer freien Lochreihe zwischen Zuschneidebrett und Tischvorderkante eine entscheidende Rolle. Diese Erkenntnisse bilden die Grundlage der technischen Anforderungen an Pathologien für das aktuell gestartete Messprogramm 9218, welches darauf abzielt, die Einhaltung der AGW für Formaldehyd in Pathologien zu überprüfen und Best-Practice-Beispiele zu identifizieren. Dabei wird der Fokus auf Pathologien gelegt, die bereits den Stand der Technik erfüllen.

Das Messprogramm wird voraussichtlich bis Mitte 2025 abgeschlossen sein. Die daraus gewonnenen Daten und Erkenntnisse sollen in die Empfehlungen der Unfallversicherungsträger zur Gefährdungsbeurteilung (EGU) einfließen und somit einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung des Arbeitsschutzes in Pathologien leisten. Die Beschreibung ausreichender Schutzmaßnahmen wird zur Etablierung eines in der Praxis durch die Akteure der GDA überprüfbaren Arbeitsschutzstandards beitragen, mit dessen Einhaltung alle Pathologien sichere und arbeitsschutzrechtkonforme Bedingungen bei Tätigkeiten mit Formaldehyd sicherstellen können.

Literatur

- [1] Kellner, R.; Thullner, I.; Funk, D. et al.: Formaldehydexposition in Pathologien und Anatomien. In: Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 63 (2003), Heft 7/8, S. 299-300.
- [2] Wegscheider, W.: Messtechnische Untersuchungen in formaldehydbelasteten Arbeitsbereichen des Gesundheitswesens. In: Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 63 (2003), Heft 7/8, S. 309-316.
- [3] Technische Regel für Gefahrstoffe: Arbeitsplatzgrenzwerte (TRGS 900). Ausg. 1/2006. BArbBl. (2006) Nr. 1, S. 41-55; zul. geänd. GMBI. (2024) Nr. 21, S. 411-412.
- [4] Wegscheider, W.; Brohmann, P.; Koppisch, D. et al.: Expositionsermittlungen in Pathologien von 2016 bis 2019 – Schwerpunkt Formaldehyd. In: Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 80 (2020), Heft 9, S.349-360.
- [5] Absaugsysteme zur Verringerung der Formaldehydbelastung in Pathologien Forschungsprojekt IFA 3153 – Abschlussbericht; Veröffentlichung in Vorbereitung.
- [6] Technische Regel für Gefahrstoffe: Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen (TRGS 400). Ausg. 7/2017. BArbBl. (2017) Nr. 36, S. 638.
- [7] Technische Regel für Gefahrstoffe: Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition (TRGS 402). Ausg. 9/2023. BArbBl. (2023) Nr. 42, S. 898-920.

Dipl.-Ing. Wolfgang Wegscheider,

Dr. rer. nat. Benedikt Thomas,

Dirk Römer,

Dr. rer. nat. Johannes Gerding

Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege (BGW), Köln.

Saskia Schlatter,

Reinhard Stockmann

Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin.