

# IPA JOURNAL

01/2022

... ❖ **Hautreaktionen bei  
COVID-19-Erkrankungen**  
Arbeitsmedizin aktuell

... ❖ **Atemwiderstände**  
Testung von Masken zum Schutz  
vor SARS-CoV-2

... ❖ **Geruchsschwellen**  
Einfluss der Raumumwelt

# LIEBER KURZE PIKSER ALS LONG COVID.

*#ImpfenSchützt*

Weitere Informationen und Materialien  
finden Sie unter:

[www.dguv.de/impfenschuetzt](http://www.dguv.de/impfenschuetzt)

Folgen Sie uns auf:



# IPA JOURNAL 01/2022

## **Hautreaktionen bei COVID-19-Erkrankungen**

Arbeitsmedizin aktuell

### **Atemwiderstände**

Testung von Masken zum Schutz vor SARS-CoV-2

### **Geruchsschwellen**

Einfluss der Raumumwelt

---

**Internet:** [www.dguv.de/ipa](http://www.dguv.de/ipa)  
Folgen Sie uns auf **Twitter:** [IPA\\_Forschung](https://twitter.com/IPA_Forschung)  
**LinkedIn:** [www.linkedin.com/showcase/  
institut-fuer-praevention-und-arbeitsmedizin](https://www.linkedin.com/showcase/institut-fuer-praevention-und-arbeitsmedizin)

---

[IPA-Journal als PDF](#)



# Liebe Leserinnen und Leser

Seit dem 01. Januar wird das IPA formal nicht mehr gemeinsam von der BG RCI und der DGUV, sondern alleinig nur noch von der DGUV betrieben. Das breite Spektrum in der arbeitsmedizinischen Forschung und Beratung des IPA steht damit natürlich auch weiterhin allen Unfallversicherungsträgern zur Verfügung. Das IPA trägt gemeinsam mit den beiden Schwesterinstituten, dem Institut für Arbeitsschutz (IFA) in St. Augustin und dem Institut für Arbeit und Gesundheit (IAG) in Dresden konsequent dazu bei, dass die Unfallversicherungsträger ihren Auftrag zur Forschung gemäß Sozialgesetzbuch VII erfüllen können.

Der Leitgedanke der Forschung des IPA „Aus der Praxis für die Praxis“ verdeutlicht die enge Ausrichtung der Arbeit des Instituts an den Bedarfen der Unfallversicherungsträger. Dies ist nur durch den kontinuierlichen Dialog möglich. Das Thema Corona zeigt, wie schnell die nachhaltig aufgebauten Forschungskapazitäten im IPA auf aktuelle Fragestellungen ausgerichtet werden können. In dieser Ausgabe stellen wir unter anderem die im Rahmen des Post-COVID-Checks gemachten Erfahrungen zu möglichen Auswirkungen von SARS-CoV-2-Infektionen auf die Haut vor (→ Seite 15).

Bei vielen Forschungsthemen erfolgt nicht nur eine gemeinsame strategische Abstimmung der Forschungsschwerpunkte der drei Institute, sondern auch eine enge Zusammenarbeit mit dem IFA und dem IAG. So wurden vor dem Hintergrund der Pandemie gemeinsam mit dem IFA verschiedene Maskentypen, die dem Infektionsschutz dienen, im Hinblick auf die entsprechenden Prüfverfahren und die ermittelten Atemwiderstände bewertet. Durch die Synergien, die sich aus der Verknüpfung der medizinisch-wissenschaftlichen Expertise des IPA mit der technisch-naturwissenschaftlichen Expertise des IFA ergeben, war es hier möglich, die für die Unfallversicherungsträger relevanten Erkenntnisse zeitnah zu generieren (→ Seite 21).



Riechen wir nur mit der Nase oder mit dem ganzen Körper? Dieser Frage geht das IPA zurzeit in einem Forschungsprojekt zum Einfluss von Raumumwelt auf Geruchsschwellen nach (→ Seite 31).

Der Klimawandel ist mittlerweile auch in den deutschen Wäldern angekommen. So wurde in den vergangenen Jahren ein vermehrter Befall von Ahornbäumen mit den Erregern der Rußrindenkrankheit festgestellt. Diese kann bei exponierten Beschäftigten eine allergische Lungenerkrankung verursachen. Gemeinsam mit den betroffenen Unfallversicherungsträgern hat das IPA eine Diagnostik zum Nachweis aufgebaut (→ Seite 26).

Im Beitrag aus der Praxis greifen wir das Thema Human-Biomonitoring Untersuchungen zu sogenannten ‚Fume- and Smell-Events‘ bei Flugpersonal, die das IPA gemeinsam mit der BG Verkehr durchgeführt hat, auf (→ Seite 37).

Diese Ausgabe des IPA Journals zeigt einmal mehr, dass die Forschungsschwerpunkte des Instituts sehr eng an aktuellen Fragestellungen der Unfallversicherungsträger ausgerichtet sind und das IPA so dazu beiträgt, dass Beschäftigte an ihren Arbeitsplätzen sicher und gesund arbeiten können.

Ihr  
Thomas Brüning

## Impressum

### Herausgegeben von:

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV)  
Glinkastr.40  
10117 Berlin  
Telefon: 030 13001-0

**Verantwortlich:** Prof. Dr. Thomas Brüning, Institutsdirektor

### Redaktion:

Institut für Prävention und Arbeitsmedizin der DGUV  
Institut der Ruhr-Universität Bochum  
Bürkle-de-la-Camp-Platz 1  
44789 Bochum  
Telefon: 030 13001-4000  
Telefax: 030 13001-4003  
E-Mail: [ipa@dguv.de](mailto:ipa@dguv.de)  
Internet: [www.dguv.de/ipa](http://www.dguv.de/ipa)

Dr. Thorsten Wiethäge,  
Dr. Monika Zaghaw (Redaktionsleitung)

**Titelbild:** [shutterstock.com](http://shutterstock.com)

**Bildnachweis:** S. 5: André Stephan/Morsey & Stephan;  
S. 9: D. Pfennigwerth/Bergmannsheil, B. Naurath/IPA;  
S. 10: Kateryna\_Kon/stock.adobe.com; S. 11: shutter-  
stock.com; S. 13: Kateryna\_Kon/stock.adobe.com; 15:  
triocean/stock.adobe.com; S. 17: Tunatura/stock.adobe.  
com; S. 20: B. Naurath/IPA; S. 22: C. Thelen, IFA; S. 25:  
Heiko Küverling/stock.adobe.com; S. 26: Dr. H. Grüner;  
S. 27: shutterstock.com; S. 28: B. Naurath/IPA; S. 30:  
shutterstock.com; S. 32: B. Naurath/IPA; S. 33: sebra/  
stock.adobe.com; S. 34: Florian Struwe/Privat; S. 36:  
D. Ott/stock.adobe.com vorm. Fotolia; S. 39: Alexander  
Raths/stock.adobe.com; S. 42: Dr. Martin Lehnert/IPA;  
S. 43: Gerald Oswald/stock.adobe.com vorm. Fotolia;  
S. 45: Halfpoint/stock.adobe.com

**Satz & Gestaltung:** Atelier Hauer + Dörfler GmbH, Berlin

**Druck:** MedienSchiff BRuno, [www.msbruno.de](http://www.msbruno.de)

**ISSN:** 1612-9857

Bei den Beiträgen im IPA Journal handelt es sich im Wesentlichen um eine Berichterstattung über die Arbeit des Instituts und nicht um Originalarbeiten im Sinne einer wissenschaftlichen Publikation.



# Inhalt



Legionellose als Berufskrankheit  
 → Seite 10



Exogen allergische Alveolitis  
 hervorgerufen durch den Erreger der  
 Rüsselkäferkrankheit  
 → Seite 26



Studie des IPA untersucht „Fume-  
 and Smell-Events“ bei Flugpersonal  
 → Seite 37

Editorial .....	5
Meldungen .....	8
<b>Arbeitsmedizinischer Fall</b>	
Legionellose als Berufskrankheit – Beispiele aus der Begutachtung .....	10
<b>Arbeitsmedizin aktuell</b>	
Hautreaktionen bei COVID-19-Erkrankungen – Dermatologische Erfahrungen bei Long-/Post-COVID-Erkrankungen .....	15
<b>Aus der Forschung</b>	
Atemwiderstände von Masken – Vergleich von verschiedenen Masken zum Schutz vor SARS-CoV-2 in Hinblick auf die entsprechenden Prüfverfahren und die ermittelten Atemwiderstände .....	21
Exogen allergische Alveolitis (EAA) durch den Erreger der Rüsselkäferkrankheit ( <i>Cryptostroma corticale</i> ) – Eine diagnostische Herausforderung .....	26
Einfluss von Raumumwelt auf Geruchsschwellen – Riechen wir nur mit der Nase oder mit unserem ganzen Körper? .....	31
<b>Interview</b>	
DGUV Empfehlungen für arbeitsmedizinische Beratungen und Untersuchungen .....	34
<b>Aus der Praxis</b>	
Studie untersucht „Fume- and Smell-Events“ bei Flugpersonal – Biomonitoringstudie „FUSE II“ schafft weitere Datenbasis .....	37
<b>Kongresse</b>	
Arbeitsmedizinisches Kolloquium der DGUV 2022 zu den neuen DGUV Empfehlungen .....	40
4. Schweißbrauchkolloquium .....	43
<b>Für Sie gelesen .....</b>	<b>44</b>
<b>Neue Publikationen aus dem IPA .....</b>	<b>47</b>
<b>Termine .....</b>	<b>48</b>



## Prof. Brüning erhält GT Toxicology Award 2022

Auf der Frühjahrstagung der Deutschen Gesellschaft für Experimentelle und Klinische Pharmakologie und Toxikologie wurde Professor Brüning mit dem GT Toxicology Award ausgezeichnet. Der Preis wurde Thomas Brüning für seine herausragenden wissenschaftlichen Arbeiten im Bereich der Toxikologie in Verbindung mit seinem großen jahrelangen Engagement für das Fach Toxikologie in verschiedenen Gremien und Arbeitsgruppen verliehen. Anlässlich der Preisverleihung stellte er im Rahmen seines Vortrags „Arbeitsmedizinische Toxikologie aus der Praxis für die Praxis“ den Anwendungsbezug seiner toxikologischen Arbeit zur betrieblichen Praxis und in Bildungseinrichtungen sowie die Forschungsleistung des IPA unter seiner Leitung in den letzten mehr als 21 Jahren vor.

Prof. Thomas Brüning ist Facharzt für Arbeitsmedizin, Umweltmedizin, Apotheker und seit 2001 Institutsdirektor des IPA sowie Lehrstuhlinhaber für das Fach Arbeitsmedizin der Medizinischen Fakultät der Ruhr-Universität Bochum. Von Beginn an lag ein Schwerpunkt seiner wissenschaftlichen Laufbahn auf dem interdisziplinären Fachgebiet der Toxikologie mit einem klaren Praxisbezug. Seit fast 30 Jahren engagiert er sich in verschiedenen Gremien des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales (BMAS), des Bundesministeriums für Gesundheit (BMG), der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) und der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV). So ist er zu toxikologischen Fragestellungen u. a. seit mehr als zehn Jahren Mitglied des Ausschusses für Gefahrstoffe (AGS) beim BMAS und seit 18 Jahren Mitglied der Ständigen Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe (MAK-Kommission) der DFG.



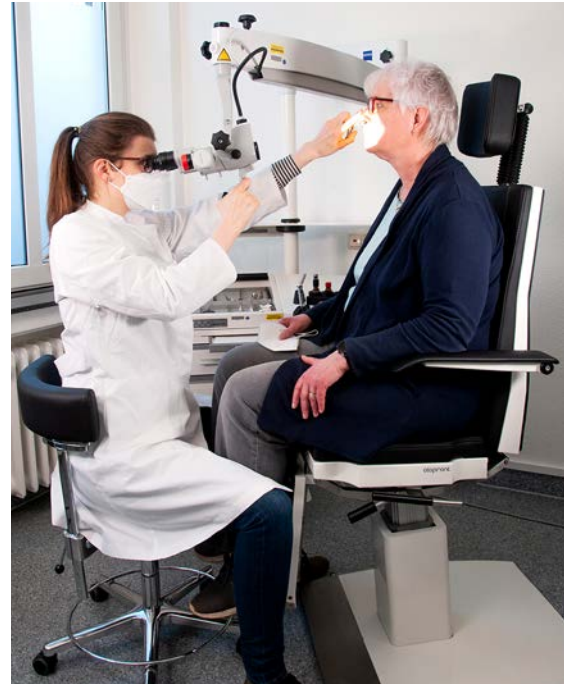
*„Der Preis wurde Thomas Brüning für seine wissenschaftlichen Arbeiten im Bereich der Toxikologie und für sein großes Engagement in verschiedenen Gremien und Arbeitsgruppen verliehen.“*



## Berufsgenossenschaften und Unfallkassen bieten Krebsvorsorge

Arbeitnehmende, die während ihrer Arbeit gefährlichen Stäuben wie Asbest ausgesetzt waren, können auch nach ihrem Berufsleben auf die Unterstützung der Berufsgenossenschaften und Unfallkassen zählen. Denn sie haben ein hohes Risiko, aufgrund ihrer Arbeit Lungenkrankungen oder Krebs zu bekommen. In Deutschland betrifft das mehrere hunderttausend Menschen. Fast 2.000 davon sterben jedes Jahr an Berufskrankheiten, die durch gefährliche Stäube verursacht wurden. Die Berufsgenossenschaften und Unfallkassen bieten daher Betroffenen eine regelmäßige kostenlose Vorsorge an. So können mögliche Erkrankungen früh erkannt werden.

Zur bestmöglichen Betreuung haben die Unfallversicherungen besonders spezialisierte Einrichtungen gegründet, die unter dem Dach von ‚DGUV Vorsorge‘ gewährleisten, dass die Vorsorge regelmäßig nach besten medizinischen Standards durchgeführt wird. Eine dieser Einrichtungen ist die 1972 als „Zentrale Erfassungsstelle Asbeststaubgefährdeter Arbeitnehmer“ gegründete Gesundheitsvorsorge (GVS) in Augsburg. 2022 feiert sie ihr 50-jähriges Bestehen. Das IPA arbeitet seit vielen Jahren erfolgreich in verschiedenen Projekten zur Krebsfrüherkennung mit der GVS zusammen.



## Neues HNO-Untersuchungsspektrum in der Poliklinik des IPA

Seit Mai 2021 verstärkt HNO-Ärztin Dr. med. Kerstin Belting das Team der Poliklinik des IPA. Arbeitsbedingte Reizwirkungen und Erkrankungen der oberen Atemwege sind seit langem wichtige Themen der arbeitsmedizinischen Forschung, Prävention und Begutachtung.

Im IPA steht seit März 2022 eine HNO-Untersuchungseinheit mit Videorhinolaryngoskop zur Verfügung, mit der u. a. allergische Reaktionen und Reizwirkungen an den Schleimhäuten der Nase, des Rachens und des Kehlkopfes detailliert erfasst werden können. Das neue HNO-Spektrum kann daher insbesondere im Bereich der arbeitsmedizinischen Allergie- und Reizstoffforschung und der Begutachtung im Rahmen von Berufskrankheitenfeststellungsverfahren zu allergisierenden, irritativen und kanzerogenen Einwirkungen am Arbeitsplatz neue Akzente setzen. Gleichzeitig können die neuen Forschungsmöglichkeiten dazu beitragen, präventive Maßnahmen am Arbeitsplatz effektiver zu gestalten.



# Legionellose als Berufskrankheit

Beispiele aus der Begutachtung



Constanze Steiner, Thomas Brüning,  
Jürgen Bünger

*Eine Lungenentzündung kann durch Legionellen hervorgerufen werden und hat oft einen schweren Verlauf. Legionellen kommen vorzugsweise in stehendem Wasser vor. In seltenen Fällen kann diese Erkrankung aufgrund der beruflichen Tätigkeit auftreten und dann als BK-Nr. 3101 anerkannt werden. Vorgestellt werden drei Beispiele aus der Begutachtungspraxis des IPA.*

Eine BK-Nr. 3101 kann dann anerkannt werden, wenn eine Infektionskrankheit vorliegt und die erkrankte versicherte Person im Gesundheitsdienst, in der Wohlfahrtspflege oder in einem Laboratorium tätig ist oder durch eine andere Tätigkeit der Infektionsgefahr in ähnlichem Maße besonders ausgesetzt war. Eine eher seltene Ursache für die BK 3101 ist die Legionellose. (Dulon et al. 2019, Merkblatt zur BK Nr. 3101). Im Folgenden werden drei Fälle zu diesem Themenkomplex aus der Begutachtungspraxis des IPA vorgestellt.

## Was ist eine Legionellose?

Die Legionellose ist eine Infektionskrankheit durch Bakterien der Gattung Legionella, die sich durch eine schwere Lungenentzündung, auch Pneumonie genannt, äußern kann. Legionellen vermehren sich hauptsächlich in stehendem Wasser bei einer Temperatur von 25 bis 55°C. Über 60°C werden Legionellen sicher abgetötet. Die Übertragung und Infektion erfolgen in der Regel über Tropfen oder Aerosole von mit Legionellen kontaminiertem Wasser, zum Beispiel über Duschen, Wasserhähne, Whirlpools, Klimaanlage, Kühlanlagen und Luftbefeuchter. Beruflich von der Erkrankung gehäuft betroffen sind daher Beschäftigte von Installations- sowie Wartungs- und Reparaturbetrieben solcher Anlagen.

## Kurz gefasst

Legionellen sind Bakterien, die schwere Lungenentzündungen mit lebensbedrohlichem Verlauf verursachen können.

Wesentliche Präventionsmaßnahmen umfassen die Regulierung der Wassertemperatur und die Vermeidung von stehendem Wasser.

Legionellen vermehren sich intrazellulär, im Wasser bevorzugt in Amöben. Außerdem ist ein Biofilm mit anderen Bakterien für das Überleben von Legionellen von Vorteil, dies kann zum Beispiel in alten Rohrleitungen der Fall sein (Lesnik et al. 2016). Am häufigsten wird die Legionellose durch *Legionella pneumophila* verursacht. Die Inkubationszeit liegt im Durchschnitt bei fünf bis sechs Tagen. Die Legionellen-Pneumonie tritt in Europa bei ca. 1,8 Erkrankungen auf 100.000 Einwohner auf und ist damit eher selten (RKI, Cunha et al. 2016). Infektionen durch Legionellen sind meldepflichtig. (RKI, Helbig et al. 2002)

## Übertragungswege und Therapie

Eine Ansteckung von Mensch zu Mensch erfolgt nicht oder ist zumindest sehr unwahrscheinlich (Copenhaver et al. 2014). Bei Ausbrüchen steht daher die Suche nach der Infektionsquelle beziehungsweise dem Reservoir im Vordergrund. Aber auch die Erkrankung sollte möglichst früh diagnostiziert (siehe Info-Kasten: Diagnostik) und eine antibiotische Therapie mit Chinolonen wie Levofloxacin und Moxifloxacin, bei leichteren Verläufen auch mit Makrolid-Antibiotika wie Azithromycin und Clarithromycin eingeleitet werden (AWMF). Insbesondere die Prävention der Erkrankung durch Vermeidung und rechtzeitiges Erkennen einer Kontamination des Wassers mit Legionellen ist wichtig und möglich.

## Begutachtungspraxis im IPA

### 1. Dachdecker mit Legionellose nach Renovierungsarbeiten

Ein zum Zeitpunkt der Erkrankung 40jähriger Dachdecker war an der Renovierung eines über drei Monate leerstehenden Haus beteiligt. Während der Renovierungsarbeiten übernachtete er in diesem Haus und nutzte die

dortigen sanitären Einrichtungen. Anlässlich der Renovierungsarbeiten wurde die Dusche nach längerer Zeit wieder benutzt. Ein vorheriges Durchspülen der Leitungen beziehungsweise der Armaturen erfolgte nicht. Der Versicherte wies Risikofaktoren für eine Lungenentzündung durch ein Asthma bronchiale auf. Außerdem war er Raucher – kumulativ ca. 25 Packungsjahre – und hatte eine ausgeprägte Adipositas mit einem BMI von 38 kg/m<sup>2</sup>.

### 1.1. Erkrankungsverlauf

Circa eine Woche nach Nutzung der sanitären Einrichtungen erkrankte der Versicherte akut und entwickelte starke Luftnot. Ambulant war eine antibiotische Therapie mit Amoxicillin eingeleitet worden, eine weitere Diagnostik erfolgte nicht. Die Antibiose deckte eine Infektion mit Legionellen nicht ab. Nach ca. einer Woche Krankheit verschlechterte sich der Zustand des Versicherten und er kam ins Krankenhaus. Die Diagnostik mittels Computertomographie ergab eine beidseitige Pneumonie. Der Legionellen-Antigen Test im Urin war positiv. Es erfolgte eine intensivmedizinische Therapie mit Beatmung. Nachdem die antibiotische Therapie auf eine gegen Legionellen wirksame Antibiose umgestellt wurde, kam es zu einer raschen klinischen Besserung. Danach erholte er sich nur langsam, es bestanden über Monate eine eingeschränkte Belastbarkeit mit Luftnot und allgemeiner Schwäche sowie eine sogenannte Critical-Illness-Polyneuropathie mit Kribbelgefühl in Händen und Füßen. Es handelt sich dabei um eine Erkrankung der Nerven, die nach kritischen beziehungsweise lebensbedrohlichen Erkrankungen und Behandlung auf der Intensivstation auftreten kann.

Nach einer schrittweisen Wiedereingliederung arbeitete der Versicherte nach einem Jahr wieder voll in seinem Beruf. Er war aber körperlich weniger belastbar als vor der Erkrankung und litt unter Luftnot bei Belastung. Seine Asthmatherapie musste dauerhaft intensiviert werden. Die Polyneuropathie hatte sich nach anderthalb Jahren zurückgebildet.



Entnahme einer Wasserprobe zur weiteren Untersuchung



## Info

**Diagnostik**

- 1. Nachweis des Legionellen-Antigens im Urin:** Standard; ein negativer Test schließt eine Legionellen Infektion jedoch nicht aus, da er nur den häufigsten Stamm (Serogruppe 1) und kreuzreagierende Stämme sicher nachweist. Zum Nachweis einer ambulant (außerhalb des Krankenhauses) erworbenen Infektion ist der Test jedoch gut geeignet und schnell verfügbar.
- 2. Nachweis auf Spezial-Agar:** Die Anzucht kann aus der bronchoalveolären Lavage (BAL), Bronchialsekret und aus dem Sputum erfolgen. Die Anzucht ist wichtig für die Typisierung des Legionellen-Stamms und damit für die Identifizierung der Infektionsquelle.
- 3. PCR:** Nachweis von Legionellen-DNA aus der bronchoalveolären Lavage (BAL), Bronchialsekret und dem Sputum
- 4. Serologischer Nachweis aus dem Blut mittels Antikörperbestimmung:** Nur ein serologischer Nachweis des Antikörperanstiegs (Titer) kann eine frische Infektion beweisen. Der Titeranstieg tritt allerdings oft erst Wochen nach der Infektion auf (RKI).

### 1.2. Berufskrankheit und Minderung der Erwerbsfähigkeit (MdE)

Nach Anzeige der meldepflichtigen Erkrankung beim Gesundheitsamt wurden im Kaltwasser des betreffenden Hauses Legionellen von maximal 100 KBE/100 ml nachgewiesen; im Warmwasser war die Keimzahl mit 3.600 KBE/100ml jedoch deutlich erhöht. Die Legionellose wurde daraufhin als BK-Nr. 3101 anerkannt.

Für die Zeit des Aufenthaltes im Krankenhaus und der Rehaklinik wurde die MdE mit 100% eingeschätzt, nach der Entlassung aus der Rehaklinik mit 40%. Mit Wiederaufnahme der beruflichen Tätigkeit wurde die MdE auf 30% festgelegt und nach einer weiteren klinischen Besserung dauerhaft auf 20%. Nach Ablauf von zwei Jahren wurde diese Einschätzung in einer erneuten Begutachtung überprüft und bestätigt.

## 2. Sozialarbeiter mit Legionellose

Ein 54jähriger Sozialarbeiter, der in einer sozialen Einrichtung hauptsächlich für die Betreuung von Jugendlichen, aber auch für hausmeisterliche Arbeiten zuständig war, erkrankte nach Auswechslung einer Spülmaschine, die über Monate nicht in Betrieb gewesen war. Beim Ausbau der alten Spülmaschine bekam der Versicherte eine große Menge Spritzwasser ins Gesicht. Der Versicherte hatte keine Risikofaktoren und keine Vorerkrankungen.

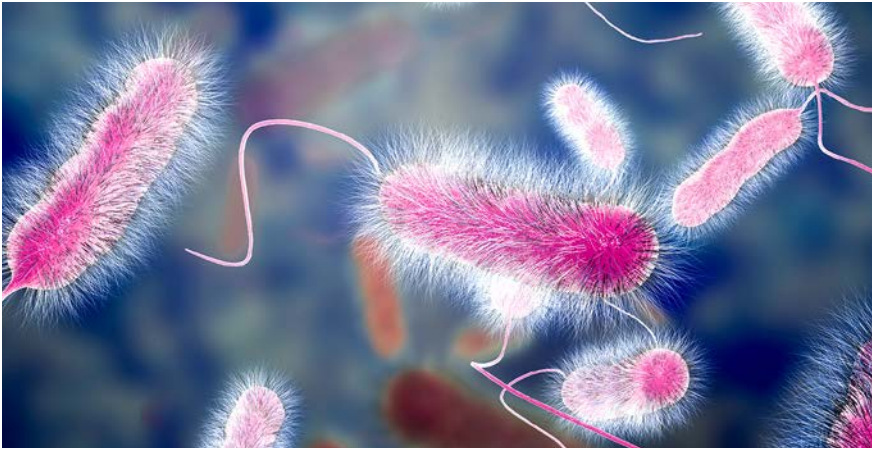
Drei Tage nach den Arbeiten entwickelte der Versicherte Fieber und Husten. Die Hausärztin konnte zunächst keine behandlungsbedürftige Erkrankung feststellen. Bei rascher klinischer Verschlechterung mit starker Luftnot stellte sich der Versicherte nach weiteren vier Tagen im Krankenhaus vor. In der Notaufnahme wurde eine periphere Sauerstoffsättigung von 56% unter Raumluft gemessen und das klinische Bild einer Blutvergiftung (Sepsis) mit Nierenversagen bei radiologisch beidseitiger Pneumonie diagnostiziert. Es erfolgte die Aufnahme auf die Intensivstation. Der Versicherte wurde mit erhöhter Sauerstoffgabe beatmet. Am Tag nach der Krankenhausaufnahme wurde aufgrund eines positiven Urintests auf das Legionellenantigen die Diagnose einer Legionellenpneumonie gestellt.

### 2.1. Erkrankungsverlauf

Der Versicherte entwickelte trotz adäquater antibiotischer Therapie ein Lungenversagen, auch ARDS, acute respiratory distress syndrome genannt. Im Anschluss erholte sich der Versicherte nur langsam. Nach einem Monat wurde er in eine Reha-Einrichtung verlegt. Aufgrund einer Critical-illness-Polyneuropathie musste er das Laufen wieder erlernen. Noch während der Rehamaßnahme kamen weitere Komplikationen infolge der Legionellen-Erkrankung unter anderem eine Leberzirrhose als Folge einer sekundär sklerotisierenden Cholangitis hinzu. Nach circa einem Jahr wollte der Versicherte in seinen alten Beruf zurückkehren und begann eine Wiedereingliederung. Auch zwei Jahre nach der Erkrankung war der Versicherte aber durch die Erkrankungsfolgen, insbesondere der Leberzirrhose, noch stark belastet. Er berichtete über Luftnot bei leichter Belastung und eine andauernde Müdigkeit.

### 2.2. Berufskrankheit und MdE

Nach den Ermittlungen des Präventionsdienstes des zuständigen Unfallversicherungsträgers wurden im Anschlussschlauch der alten Spülmaschine 14.000 KBE/100 ml Legionellen nachgewiesen. Daher wurde die Legionellose als BK-Nr. 3101 anerkannt.



Bakterien der Gattung Legionella verursachen die Infektionskrankheit Legionellose.

Der Versicherte befand sich über vier Monate in stationärer Behandlung und wurde danach in eine Rehaklinik entlassen, wo es zu einer erneuten Verschlechterung kam. Daher wurde die MdE für die ersten sechs Monate nach Erkrankung auf 100 % geschätzt und nach Stabilisierung der Erkrankung auf 50 %. Eine Nachbegutachtung zur erneuten Beurteilung der MdE wurde nach zwei Jahren empfohlen.

### 3. Ingenieur erkrankt infolge einer Dienstreise

Ein zum Erkrankungszeitpunkt 54-jähriger Ingenieur war beruflich drei Wochen in China und hatte sich dort eine Legionelleninfektion vermutlich in einem Hotel

zugezogen. Bereits in China war es zu Abgeschlagenheit, Schüttelfrost, Nachtschweiß und Luftnot gekommen. Der Versicherte hatte dort aber keinen Arzt aufgesucht. Nach seiner Rückkehr stellte er sich mit fortschreitender Symptomatik beim Hausarzt vor. Die verordnete antibiotische Therapie erbrachte keine Besserung. Es trat eine zunehmende Verwirrtheit auf, so dass sich der Versicherte im Krankenhaus vorstellte, wo eine Legionellenpneumonie diagnostiziert wurde. Nach Umstellung auf ein geeignetes Antibiotikum besserte sich die Symptomatik rasch, allerdings klagte der Patient auch zwei Jahre nach der Erkrankung noch über eine deutliche Atemnot unter Belastung.

## Info

### Prävention der Legionellose

#### 1. Vermeidung/Verminderung von Legionellen im Wasser

- Regelmäßige Prüfung der Wassertemperatur: Kaltwasser sollte kälter als 25°C sein, so dass Legionellen sich nicht darin vermehren können. Bei Warmwasser im Bereich 25-55°C ist es besonders wichtig, stehendes Wasser in den Leitungen zu vermeiden.
- Vermeidung von Amöben im Wasser, da sich Legionellen z. B. in Amöben vermehren.
- Regelmäßiges Entkalken der Leitungen, sofern möglich.
- Regelmäßige Kontrolle auf Legionellen in Trinkwasserleitungen (je nach Nutzung des Gebäudes alle ein bis drei Jahre, Zielwert < 100 KBE/ 100ml, in medizinischen Einrichtungen und Pflegeheimen 0 KBE Vorsicht: Auch bei Unterschreitung des Grenzwertes von 100 KBE/100ml können Infektionen auftreten, da das Infektionsrisiko in erster Linie von der Virulenz des Legionellenstammes und der Vulnerabilität des betreffenden Menschen abhängt.

- Erhitzen bei Wasserspeichern auf 60°, bei Temperaturen ab 70° sterben Legionellen innerhalb weniger Sekunden/Desinfizieren (z. B. durch Chlor) des Wassers
- Gründliche Spülung bzw. Wasser laufen lassen nach längerer Benutzungspause einer Leitung bzw. einer Installation

#### 2. Vermeidung von Aerosolkontakten

- Aerosole werden zum Beispiel gebildet durch: Klimaanlage, Whirlpools, Duschen, Kühlanlagen, insbesondere Verdunstungskühlanlagen, Kühltürme, Raumluftbefeuchter
- Bei Kühlanlagen sollte ein Standort gewählt werden, bei dem Aerosolkontakte vermieden werden.
- Tragen einer FFP2- oder FFP3-Maske

#### 3. Meldepflicht der Erkrankung und Nachverfolgung durch das Gesundheitsamt

Die Berufskrankheit wurde nicht anerkannt, da keine Wasserprobe aus dem Hotel in China vorlag und damit kein Beweis, dass die Infektion tatsächlich in China im Zusammenhang mit der beruflichen Tätigkeit erworben worden war.

## Fazit

Die Lungenentzündung durch Legionellen ist mit ein bis zwei Erkrankungen pro 100.000 Einwohner im Jahr in Deutschland eine seltene Erkrankung. Allerdings führt sie oft zu schweren Verläufen. Die Erkrankung wird häufig bei Auftreten der ersten Symptome nicht bedacht und die Risikofaktoren werden nicht erfragt. Einige gängige Antibiotika wirken nicht gegen Legionellen. Legionellen lassen sich nicht auf den üblichen Nährmedien anzüchten. Dadurch verliert der Patient wertvolle Zeit. Oft wird erst bei Auftreten von schweren, unter Umständen lebensbedrohlichen, Symptomen die richtige Therapie eingeleitet. Wie die geschilderten Fälle zeigen, können auch bei Einleitung einer korrekten Therapie schwere und im Einzelfall sogar tödliche Verläufe auftreten. Daher kommt der Vermeidung einer Legionellose durch adäquate Präventionsmaßnahmen eine besondere Bedeutung zu.

Bei den beiden ersten hier geschilderten Fällen aus der Begutachtung hätte eine Infektion vermieden werden können, wenn der Risikofaktor „Wasserstagnation über einen längeren Zeitraum in einer Rohrleitung mit einer für Legionellen vorteilhaften Wassertemperatur“ bedacht worden wäre. Beim dritten Fall können wir das nur vermuten, da hier keine Nachverfolgung der Infektionsquelle erfolgte.

### Die Autoren:

Prof. Dr. Thomas Brüning

Prof. Dr. Jürgen Bünger

Dr. Constanze Steiner

IPA

## Literatur

AWMF Leitlinie Behandlung von erwachsenen Patienten mit ambulant erworbener Pneumonie Stand: 24.04.2021.

Copenhaver AM et al. Alveolar macrophages and neutrophils are the primary reservoirs for *Legionella pneumophila* and mediate cytosolic surveillance of type IV secretion. *Infect Immun* 2014; 82: 4325–4336, doi:10.1128/IAI.01891-14

Cunha BA, Burillo A, Bouza E. Legionnaires' disease, review. *Lancet* 2016; 387: 376–85

Dulon M, Wendeler D, Nienhaus A. Berufsbedingte Infektionskrankheiten bei Beschäftigten im Gesundheitsdienst 2017. *Zbl Arbeitsmed* 2019; 69:16–22

Helbig JH et al. Pan-European Study on Culture-Proven Legionnaires' Disease: Distribution of *Legionella pneumophila* Serogroups and Monoclonal Subgroups, *Eur J Clin Microbiol Infect Dis* 2002; 21: 710–716

Lesnik R, Brettar I, Höfle M. *Legionella* species diversity and dynamics from surface reservoir to tap water: from cold adaptation to thermophily. *ISME J* 2016; 10: 1064–1080

Merkblatt zur BK Nr. 3101: Infektionskrankheiten, wenn der Versicherte im Gesundheitsdienst, in der Wohlfahrtspflege oder in einem Laboratorium tätig oder durch eine andere Tätigkeit der Infektionsgefahr in ähnlichem Maße besonders ausgesetzt war (Bek. des BMA v. 1.12.2000, ArbBl. 1/2001, S. 35)

Robert Koch Institut. Ratgeber Legionellose [https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Merkblaetter/Ratgeber\\_Legionellose.html](https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Merkblaetter/Ratgeber_Legionellose.html) Letzter Aufruf: 24.01.2021



# Hautreaktionen bei COVID-19-Erkrankungen

## Dermatologische Erfahrungen bei Long-/Post-COVID-Erkrankungen



Michal Gina, Thomas Brüning

*SARS-CoV-2-Infektionen betreffen nicht nur die oberen und unteren Atemwege sowie innere Organe; sie können auch Auswirkungen auf die Haut haben. Im Rahmen des Post-COVID-Checks arbeitet der Bereich Berufsdermatologie mit dem Universitätsklinikum Bergmannsheil zusammen. Vorgestellt werden unter anderem die hier gemachten Erfahrungen im Hinblick auf dermatologische Manifestationen.*

Die COVID-19-Pandemie hat große Auswirkungen auf die gesamte Gesellschaft. Die Anzahl der BK-Verdachtsanzeigen beziehungsweise der anerkannten BK-Nr. 3101 „Infektionskrankheiten, wenn der Versicherte im Gesundheitsdienst, in der Wohlfahrtspflege oder in einem Laboratorium tätig oder durch eine andere Tätigkeit der Infektionsgefahr in ähnlichem Maße besonders ausgesetzt war“, sind seit Beginn der Pandemie stark gestiegen (Schneider, 2021) (s. Abb. 1). Bis Ende 2021 gingen alleine

bei der Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege (BGW) über 130.000 Verdachtsanzeigen ein. Knapp 87.000 Fälle einer BK-Nr. 3101 wurden aufgrund einer COVID-19-Infektion anerkannt. Die internistischen Manifestationen der Infektion sind gut bekannt. Allerdings können sich mit einer Prävalenz von bis zu 20 % auch Hautveränderungen entwickeln (Molae et al. 2021). Sie treten meist in der Akutphase aber auch in der subakuten Phase auf und bilden sich danach in der Regel zurück.



### Kurz gefasst

SARS-CoV-2 Infektion können auch die Haut betreffen.  
Erkrankungen der Haut im Zusammenhang mit COVID-19 sind in der Regel reversibel und nicht spezifisch.

Auch beim Post-COVID-Syndrom mit einer verzögerten Genesung und Andauern der Symptome über zwölf Wochen, bleiben nicht nur Fatigue, Dyspnoe, neurologische Defizite und Konzentrationsstörungen bestehen, sondern es wird auch über dermatologische Symptome berichtet (AWMF 2021, Nalbandian et al. 2021). In Zusammenarbeit mit der BGW wurde für die Versicherten, die an den Folgen einer COVID-19-Erkrankung leiden, ein sogenannter Post-COVID-Check in den Berufsgenossenschaftlichen Kliniken in Berlin, Bochum, Duisburg, Halle, Hamburg, Murnau und Tübingen eingeführt und eine stationäre Rehabilitation in der BG Klinik Bad Reichenhall etabliert. In diesem Artikel werden die dermatologischen Manifestationen einer SARS-CoV-2-Infektionen zusammengefasst und die Erfahrungen, speziell aus dem Post-COVID-Check-Bochum vorgestellt.

### Berufskrankheiten im Zusammenhang mit COVID-19

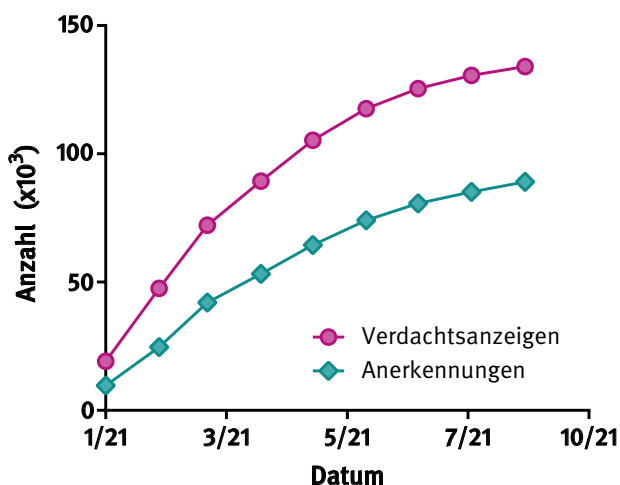


Abb. 1 Berufskrankheiten im Zusammenhang mit COVID-19 im Jahr 2021. Steigerung der Verdachtsanzeigen und anerkannten Berufskrankheiten (persönliche Übermittlung, Referat Statistik der DGUV).

### Fallbeispiel: Vermehrter Haarausfall bei einer COVID-19 Erkrankung

In Rahmen der Post-COVID-Check Sprechstunde stellte sich eine 56-jährige Gesundheits- und Krankenpflegerin mit einem ausgedehnten Haarausfall vor, der seit circa zwei Monaten nach Beginn der SARS-CoV-2-Infektion bestand. Seit einem Monat wurde eine geringe Besserung des Haarausfalles beobachtet. Dennoch waren weiterhin Areale mit optisch verminderter Haardichte vorhanden. Sie sei bis zu Beginn der Infektion Ende 2019 gesund gewesen, habe immer „volle und gute Haare und gesunde Haut“ gehabt. Aufgrund des schweren Verlaufs der COVID-19-Erkrankung musste sie über einen Monat intensivmedizinisch behandelt und zeitweise beatmet werden. Zudem entwickelte sie eine tiefe Venenthrombose und Vorhofflimmern. Sie musste weiterhin Beta-Blocker, Apixaban, Simvastatin, Antidepressiva sowie vorübergehend niedermolekulare Heparine und Antibiotika (Beta-Laktame) einnehmen. Auch neun Monate nach der Akutinfektion bestanden Belastungsdyspnoe, Fatigue-Symptomatik, Konzentrationsschwierigkeiten sowie eine reaktive Depression.

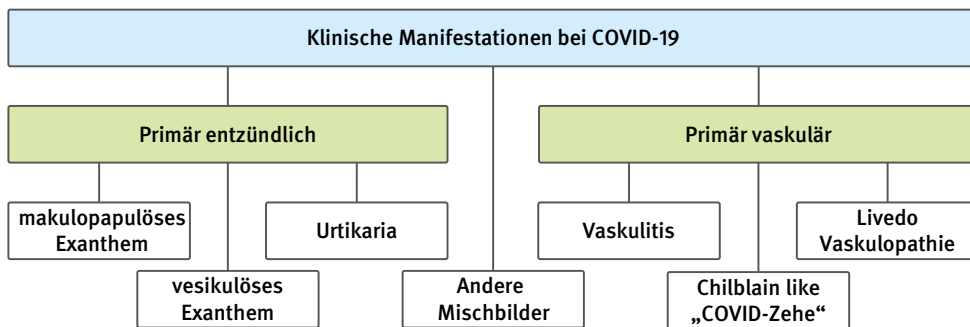
### Auswirkungen von COVID-19 auf die Haut

#### a. Entstehung der Hautmanifestationen und Autoimmunität

Hautmanifestationen können direkt durch die Virusinfektion der Keratinozyten und Hautgefäße, aber auch sekundär durch Immunsystemaktivierung unter anderem durch die Freisetzung von Zytokin hervorgerufen werden. Bei dieser Immunaktivierung kann es infolge der Entzündung zur Immunkomplexbildung beziehungsweise verstärkten Gerinnung des Blutes kommen. Eine Entzündung der Gefäße oder Thrombosen können ebenfalls die Folge sein (McGonagle et al. 2021). Bei dieser Immunaktivierung, vor allem bei einer andauernden Entzündung, können sich Autoimmunkrankheiten entwickeln oder verschlimmern, die auch die Haut betreffen können (Ahmed et al. 2021).

#### b. Klinische Hautmanifestationen einer SARS-CoV-2-Infektion

Hautveränderungen entstehen in der Regel in den sogenannten akuten (ein bis vier Wochen) beziehungsweise subakuten Phasen (nach vier bis zwölf Wochen) (Gisondi et al. 2021). Die mit einer COVID-Infektion assoziierten Hauterscheinungen umfassen mindestens fünf



**Abb. 2**  
Klinische Manifestationen der dermatologischen Hautveränderungen, die bei COVID-19-Infektion beobachtet wurden.

verschiedene klinische Manifestationen (s. Abb. 2 und Kästen) (Genovese et al. 2021, Galván Casas et al. 2020). Pathophysiologisch können diese in primär entzündliche sowie vaskuläre Hauterscheinungen unterteilt werden. Zu der ersten Gruppe gehören Urtikaria und Exantheme. Die klinischen Manifestationen können in zwei weitere Gruppen unterteilt werden: Einerseits Chilblain-like Läsionen (die sogenannten „Covid-Zehen“), die oft bei jüngeren, meist asymptomatischen Patienten mit guter Interferon-Antwort entstehen (s. Abb. 3) (Hubiche et al. 2021, Genovese et al. 2021, Cappel et al. 2021). Andererseits können in seltenen Fällen eine Livedo-Vaskulopathie oder Vaskulitis auftreten, die bei schweren Verläufen eine Mortalität von bis zu zehn Prozent haben können (Galván Casas et al. 2020). Sie bilden sich eher in der subakuten Phase aus und können unter Umständen über Wochen bis Monate andauern.

Außer den oben beschriebenen klinischen Manifestationen wurden bei einer SARS-CoV-2-Infektion auch andere Dermatosen beschrieben (Zhao et al. 2020).



**Abb. 3** Chilblain-like Läsionen (sogenannte „Covid-Zehen“)

### Info

#### Definition von Long-/Post-COVID

Der Begriff „Long-COVID“ beschreibt Symptome, die mehr als vier Wochen nach einer akuten COVID-19-Erkrankung fortbestehen. Dauern die Symptome länger als drei Monate an, spricht man von „Post-COVID“. So sieht es auch die Weltgesundheitsorganisation.

#### c. Kawasaki-like-disease

Das Krankheitsbild „Kawasaki-like-disease“ oder „multi-system inflammatory syndrome associated with COVID-19 in children“ (MIS-C) tritt vor allem bei Kindern auf (Andina et al. 2021) und geht mit einer Gefäßentzündung (Vaskulitis) einher, die mit einer Myokarditis und Aneurysmen assoziiert sein kann. Auf der Haut können sich diffuse Körpererytheme, Gesichtserytheme ausbilden sowie eine Konjunktivitis und eine Himbeerzunge. Außerdem können Erytheme und Schuppungen zum Beispiel an den Händen und Füßen oder dem Genitalbereich entstehen.

#### Differentialdiagnosen

Die wichtigsten Differentialdiagnosen sind Arzneimittel (AM)-Reaktionen und andere Viruserkrankungen. AM-Reaktionen können sich insbesondere auch klinisch an der Haut manifestieren (s. Tab. 1). Vor allem Typ-IV-Reaktionen bilden auf der Haut verschiedene Entzündungsmuster aus, die klinisch von einer Viruserkrankung nicht immer abgegrenzt werden können (Novak et al. 2021).

## Handkzeme und Gesichtsdermatosen während der COVID-19-Pandemie

Während der Pandemie werden vermehrt Handkzeme und Gesichtsdermatosen beobachtet, die jedoch meistens nicht direkt der SARS-CoV-2-Infektion zugeordnet werden können. Vielmehr resultieren sie aus den intensiven Hygienemaßnahmen, wie dem vermehrten Waschen und Desinfizieren der Hände sowie dem Tragen von Schutzmasken mit Irritation der Gesichtshaut (Gina et al. 2021).

## Long-/Post-COVID der Haut

Die meisten Hautmanifestationen bilden sich folgenlos zurück (Gisoni et al. 2021), aber zum Beispiel Chilblain-like-Läsionen können auch unter Umständen über Monate bestehen bleiben. Auch im Rahmen der Infektion entstandene beziehungsweise sich verschlimmernde Autoimmunkrankheiten – mit oder ohne Beteiligung der Haut – können länger andauern. Hier wurden Verschlechterungen des atopischen Ekzems, Psoriasis, Lupus erythematodes und Dermatomyositis über Monate beobachtet (Silva Andrade et al. 2021).

## Haarausfall und COVID-19

Bei Post-COVID-Patienten nach Krankenhausaufenthalt stellt Haarausfall, nach sechs Monaten mit 22% und mit 11% nach 12 Monaten, die häufigste Hautmanifestation dar (Huang et al., 2021a; Huang et al. 2021b). Hier handelt es sich meist um ein telogenes Effluvium (TE), also ein gesteigerter Haarverlust, der im Rahmen von schweren Infektionen oder länger andauernden fieberhaften Erkrankungen auftritt. Pathophysiologisch wird durch Veränderungen des Stoffwechsels der Haarzyklus verkürzt (Rebora 2019). Dieser Mechanismus des Haarausfalles wird auch bei Chemotherapien und als Reaktion nach Einnahme von Medikamenten zum Beispiel Heparin, Retinoiden und Hormonpräparaten gesehen (Tab. 1) (Bruhn, 2019). Im Gegensatz zur anlagebedingten androgenetischer Alopezie (AA), also dem verstärkt auftretenden Haarausfall, bei dem vor allem der Oberkopf betroffen ist, handelt es sich hierbei um einen diffusen Haarausfall auf der gesamten Kopfhaut. Meist ist er reversibel und die frühere Haardichte wird wieder erreicht (Abrantes et al. 2021).

Ob eine AA mit einer schweren COVID-19-Erkrankung assoziiert ist, bleibt umstritten (Moravvej et al. 2021). Da bei Männern schwerere Verläufe auftreten als bei Frauen, wurde hier die Rolle der Androgene untersucht (Mohamed et al., 2021). Wambier et al. beschrieben ein gehäuftes Auftreten der AA bei hospitalisierten Patienten, obwohl diese Studie methodische Schwächen aufweist (Wambier et al. 2020, Bukovac & Makše, 2021). Andere Berichte konnten keine Zunahme beobachten (Trüeb et al. 2021).

## Berufsdermatologische Aspekte

Bei dem oben beschriebenen arbeitsmedizinischen Fall einer anerkannten BK-Nr. 3101 durch eine SARS-CoV-2-Infektion handelt es sich um ein Post-COVID-19-Syndrom. Dermatosen, die in klarem Zusammenhang mit einer

Wirkstoff/Gruppe	Häufigkeit
Acitretin	sehr häufig
Alitretinoin	sehr häufig
Methotrexat	sehr häufig
Zytostatika	sehr häufig
Aromatase-Hemmer	häufig
Captopril	häufig
Propranolol	häufig
Valproinsäure	häufig
Atorvastatin	gelegentlich
Bezafibrat	gelegentlich
Citalopram	gelegentlich
Diclofenac	gelegentlich
Fluoxetin	gelegentlich
Indometacin	gelegentlich
Ketoconazol	gelegentlich
Pravastatin	gelegentlich
Warfarin	gelegentlich
Heparine (NMH)	selten

**Tab. 1** Ausgewählte Medikamente, die einen Haarausfall verursachen können, modifiziert nach Bruhn, 2019. Durch Medikamente bedingter Haarausfall betrifft die gesamte Kopfhaut (diffuser Haarausfall) (sehr häufig > 10%; häufig 1–10%; gelegentlich 0,1–1%; selten < 0,1%)

## Info

### Alopezie

Die Alopezie bezeichnet den Zustand der Haarlosigkeit an Körperstellen, die normalerweise behaart sind, wie zum Beispiel die Kopfhaut. Der Haarausfall wird auch als Effluvium bezeichnet.

COVID-19-Erkrankung stehen, können unter Umständen als Folgen einer BK-Nr. 3101 anerkannt werden. Da sich jedoch die Mehrheit der Dermatosen innerhalb von sechs Monaten vollständig zurückbilden und somit nicht BK-relevant sind, sollte die berufsdermatologische Begutachtung der Folgen frühestens nach Ablauf dieser Zeitspanne erfolgen. Bei vielen Dermatosen wird jedoch der Nachweis des kausalen Zusammenhanges problematisch, zum Beispiel wenn es sich um ein neu auftretendes atopisches Ekzem oder um eine Autoimmunerkrankung handelt. Der Haarausfall hat generell eine hohe Prävalenz in der Allgemeinbevölkerung meist mit einem schleichenden Verlauf (Ho et al. 2021). Ein Zusammenhang zwischen COVID-19-Erkrankung und einem AA ist nicht ausreichend gesichert. Ein infektiös-toxisch bedingtes TE sollte sich ohne Therapie nach Wegfall der Auslöser zurückbilden. Bei gut dokumentierten beziehungsweise eindeutigen Fallkonstellationen kann unter Umständen aber auch ein Haarausfall als Folge einer BK-Nr. 3101 angesehen werden. Im Gegensatz zu einer Skalpierung zum Beispiel nach einem Arbeitsunfall, die mit Vernarbungen und funktionellen Einschränkungen einhergeht, liegt bei einer Alopezie die MdE nicht in einem entschädigungsrelevanten Bereich. Trotzdem kann eine Alopezie vor allem für Patientinnen einen großen Verlust an Lebensqualität bedeuten (Davis and Callender 2018). Durch die Anschaffung einer Perücke kann der Leidensdruck für die betroffenen Personen zumindest etwas gemindert werden. Handelt es sich um die Folgen einer beruflich bedingten COVID-19 Erkrankung kann eine Kostenübernahme z. B. für eine Perücke, wie bei den Folgen einer Chemotherapie, seitens der Unfallversicherungsträger geprüft werden.

Bei einem Berufskrankheitenfeststellungsverfahren zur BK-Nr. 3101 bei SARS-CoV-2-Infektionen sind funktionelle Folgen der Thrombosen oder Vaskulitis zum Beispiel mit Lymphödemen, Sensibilitätsstörungen, Narbenbildung und Kontrakturen mit Bewegungseinschränkung beziehungsweise Amputationen zu berücksichtigen. Hier ist in jedem Fall ein multidisziplinäres fachärztliches Zusammenhangsgutachten notwendig.

## Zusammenfassung

Bei einer SARS-CoV-2-Infektion entstehen Hautmanifestationen meist in der akuten und subakuten Phase. Die Hauterscheinungen sind in der Regel reversibel und nicht für COVID-19-Erkrankungen spezifisch. Differentialdiagnostisch sollten auch andere Virusinfektionen beziehungsweise Medikamentenunverträglichkeiten berücksichtigt werden. Schwere Verläufe sind mit systemischer Livedo-Vaskulopathie assoziiert. Dagegen ist bei den Chilblain-like Läsionen die Symptomatik meist auf die Hautmanifestation begrenzt. Bei Post-COVID Patienten wird in ca. 20% der Fälle ein gesteigerter Haarausfall beobachtet. Dieser hat jedoch eine gute Prognose und kann sich vollständig zurückbilden.

### Die Autoren:

Prof. Dr. Thomas Brüning  
Dr. Michal Gina  
IPA

### Danksagung

Die Autoren danken Herrn Prof. Dr. Martin Tegenthoff, Direktor der Neurologischen Universitätsklinik und Poliklinik des Berufsgenossenschaftlichen Universitätsklinikums Bergmannsheil Bochum, für die Zusammenarbeit im Rahmen des von ihm etablierten Post-COVID-Checks.

*Die ausführliche Literaturliste kann im Internet eingesehen werden.*

→ [www.dguv.de/ipa](http://www.dguv.de/ipa) Webcode: d1037365



## Literatur

- Abrantes TF, Artounian KA, Falsey R, Simão JCL, Vañó-Galván S, Ferreira SB, et al. Time of onset and duration of post-COVID-19 acute telogen effluvium. *J Am Acad Dermatol* 2021; 85.
- Ahmed S, Zimba O, Gasparyan AY. COVID-19 and the clinical course of rheumatic manifestations. *Clin Rheumatol* 2021; 40: 2611–9.
- Andina D, Belloni-Fortina A, Bodemer C, Bonifazi E, Chiriac A, Colmenero I, et al. Skin manifestations of COVID-19 in children: Part 2. *Clin Exp Dermatol* 2021; 46: 451–61.
- AWMF. S1-Leitlinie Post-COVID/Long-COVID 2021.
- Bruhn C. Nebenwirkung Haarausfall, <https://www.deutsche-apotheker-zeitung.de/daz-az/2019/daz-17-2019/nebenwirkung-haarausfall>; 2019 [accessed October 14, 2021].
- Cappel MA, Cappel JA, Wetter DA. Pernio (Chilblains), SARS-CoV-2, and COVID Toes Unified Through Cutaneous and Systemic Mechanisms. *Mayo Clin Proc* 2021; 96: 989–1005.
- Davis DS, Callender VD. Review of quality of life studies in women with alopecia. *International journal of women's dermatology* 2018; 4: 18–22.
- Galván Casas C, Català A, Carretero Hernández G, Rodríguez-Jiménez P, Fernández-Nieto D, Rodríguez-Villa Lario A, et al. Classification of the cutaneous manifestations of COVID-19: a rapid prospective nationwide consensus study in Spain with 375 cases. *Br J Dermatol* 2020; 183: 71–7.
- Genovese G, Moltrasio C, Berti E, Marzano AV. Skin Manifestations Associated with COVID-19: Current Knowledge and Future Perspectives. *Dermatology (Basel)* 2021; 237: 1–12.
- Gina M, Fartasch M, Brüning T. Schutzmasken und Hautbeschwerden – ein häufiges berufsdermatologisches Problem während der Pandemie. *DGUV Forum* 2021; 17–8.
- Gisoni P, Di Leo S, Bellinato F, Cazzaniga S, Piaserico S, Naldi L. Time of Onset of Selected Skin Lesions Associated with COVID-19: A Systematic Review. *Dermatol Ther (Heidelb)* 2021.
- Ho CH, Sood T, Zito PM. *StatPearls* 2021.
- Huang C, Huang L, Wang Y, Li X, Ren L, Gu X, et al. 6-month consequences of COVID-19 in patients discharged from hospital: a cohort study. *The Lancet* 2021a; 397: 220–32.
- Huang L, Yao Q, Gu X, Wang Q, Ren L, Wang Y, et al. 1-year outcomes in hospital survivors with COVID-19: a longitudinal cohort study. *The Lancet* 2021b; 398: 747–58.
- Hubiche T, Cardot-Leccia N, Le Duff F, Seitz-Polski B, Giordana P, Chiaverini C, et al. Clinical, Laboratory, and Interferon-Alpha Response Characteristics of Patients With Chilblain-like Lesions During the COVID-19 Pandemic. *JAMA Dermatol* 2021; 157: 202–6.
- McGonagle D, Bridgewood C, Ramanan AV, Meaney JFM, Watad A. COVID-19 vasculitis and novel vasculitis mimics. *The Lancet Rheumatology* 2021; 3: e224–e233.
- Mohamed MS, Moulin TC, Schiöth HB. Sex differences in COVID-19: the role of androgens in disease severity and progression. *Endocrine* 2021; 71: 3–8.
- Molae H, Allahyari F, Emadi SN, Radfar S, Razavi Z. Cutaneous manifestations related to the COVID-19 pandemic: a review article. *Cutan Ocul Toxicol* 2021; 40: 168–74.
- Moravvej H, Pourani MR, Baghani M, Abdollahimajd F. Androgenetic alopecia and COVID-19: A review of the hypothetical role of androgens. *Dermatol Ther* 2021; 34: e15004.
- Nalbandian A, Sehgal K, Gupta A, Madhavan MV, McGroder C, Stevens JS, et al. Post-acute COVID-19 syndrome. *Nat Med* 2021; 27: 601–15.
- Novak N, Peng W, Naegeli MC, Galvan C, Kolm-Djamei I, Brügger C, et al. SARS-CoV-2, COVID-19, skin and immunology – What do we know so far? *Allergy* 2021; 76: 698–713.
- Rebora A. Telogen effluvium: a comprehensive review. *Clin Cosmet Investig Dermatol* 2019; 12: 583–90.
- Schneider S. Statistische Auswertung der 2020 als Berufskrankheit anerkannten COVID-19-Erkrankungen. *DGUV Forum* 2021; 36–9.
- Silva Andrade B, Siqueira S, Assis Soares WR de, Souza Rangel F de, Santos NO, Dos Santos Freitas A, et al. Long-COVID and Post-COVID Health Complications: An Up-to-Date Review on Clinical Conditions and Their Possible Molecular Mechanisms. *Viruses* 2021; 13.
- Trüeb RM, Dutra Rezende H, Gavazzoni Dias MFR. What can the hair tell us about COVID-19? *Exp Dermatol* 2021; 30: 288–90.
- Wambier CG, Vaño-Galván S, McCoy J, Gomez-Zubiaur A, Herrera S, Hermosa-Gelbard Á, et al. Androgenetic alopecia present in the majority of patients hospitalized with COVID-19: The „Gabrin sign“. *J Am Acad Dermatol* 2020; 83: 680–2.
- Zhao Q, Fang X, Pang Z, Zhang B, Liu H, Zhang F. COVID-19 and cutaneous manifestations: a systematic review. *J Eur Acad Dermatol Venereol* 2020; 34: 2505–10.





# Atemwiderstände von Masken

Vergleich von verschiedenen Masken zum Schutz vor SARS-CoV-2 in Hinblick auf die entsprechenden Prüfverfahren und die ermittelten Atemwiderstände



Eike Marek, Vera van Kampen, Birger Jettkant,  
Christoph Thelen, Thomas Brüning, Jürgen Bünger

*In der IPA-Maskenstudie wurde der Einfluss verschiedener Maskentypen auf die kardiopulmonale Leistungsfähigkeit und das subjektive Befinden der Studienteilnehmenden untersucht. Zunächst wurden im IFA verschiedene Masken auf die Einhaltung der Norm und die Höhe des Atemwiderstandes überprüft, um die Repräsentativität für die einzelnen Maskentypen zu verifizieren. Getestet wurden medizinische Gesichtsmasken (OP-Maske, Mund-Nase-Schutz (MNS)), Community-Masken (Mund-Nase-Bedeckung (MNB)) und Atemschutzmasken (FFP2). Erläutert wird der Zusammenhang unterschiedlich hoch gemessener Atemwiderstände bei verschiedenen Maskentypen in Abhängigkeit vom jeweils verwendeten Prüfverfahren.*

SARS-CoV-2 wird hauptsächlich durch Inhalation virus-haltiger Partikel übertragen (Scheuch et al. 2020). In Abhängigkeit von ihrer Filterleistung kann eine Maske die Anzahl inhalierter und exhalierter Partikel reduzieren. Die Filterleistung einer Maske ist charakterisiert durch den Anteil im Filtermaterial zurückgehaltener Partikel und dem Ausmaß der Leckage (siehe Info-Kasten).

Allgemein erhöht sich aufgrund der Materialeigenschaften der spezifischen Maske mit zunehmender Filterleistung beziehungsweise niedriger Leckage der Atemwiderstand. Dies ist in Abbildung 1 für verschiedene Mund-Nase-Bedeckungen (MNB) dargestellt, gilt aber auch für andere Maskentypen wie MNS oder FFP2-Masken. Zusätzlich steigt der Atemwiderstand bei einer

Erhöhung des Atemminutenvolumens an (siehe Info-Kasten). Aufgrund der unterschiedlichen Prüfverfahren sind Daten in Bezug auf die Atemwiderstände zwischen verschiedenen Maskentypen nur schwer vergleichbar.

## Verschiedene Maskentypen und ihre Prüfverfahren

Als zum Zeitpunkt der Einführung der Maskenpflicht zum Schutz vor SARS-CoV-2 im April 2020 kommerzielle Masken nicht in ausreichenden Mengen verfügbar waren, nutzte die Mehrzahl der Personen außerhalb des Gesundheitswesens selbstgenähte Stoffmasken, sogenannte Mund-Nase-Bedeckungen (MNB, auch Alltags- oder Community-Masken). Obwohl diese inzwischen

auch – in Passform, Material und Durchlässigkeit optimiert – kommerziell erhältlich sind und mittlerweile die Empfehlung einer europäischen Arbeitsgruppe für Gestaltung, Eigenschaften, Testmethoden, Verpackung, Kennzeichnung und Informationen zur Verwendung von MNB existiert (CWA 17553), spielen diese Masken derzeit nur eine untergeordnete Rolle. Bisher variierten die Filterleistungen verschiedener MNB – vor allem in Abhängigkeit vom verwendeten Material – erheblich (Dellweg et al. 2020), weshalb nach den aktuellen Verordnungen sowohl am Arbeitsplatz als auch bei Maskenpflicht im öffentlichen Raum zum Beispiel in Geschäften oder im öffentlichen Nah- und Fernverkehr nur Atemschutzmasken wie FFP2- oder N95-Masken oder medizinische Gesichtsmasken (Mund-Nase-Schutz (MNS), OP-Maske) verwendet werden dürfen. Da es sich bei der CWA 17553 nicht um eine Prüfnorm, sondern lediglich um einen „europäischen Leitfaden für Alltagsmasken“ handelt, streben verschiedene Hersteller derzeit eine Zertifizierung ihrer MNB nach der Norm für MNS an (s. u.). Im Gegensatz zu den MNB unterliegen FFP2 und MNS maskenspezifischen Prüfnormen (FFP2-Masken nach DIN EN 149:2009, MNS-Masken nach DIN EN 14683), die nur eine geringe Varianz in Bezug auf Aufbau, Gestaltung und Leistungsanforderungen zulassen.

Für die IPA-Maskenstudie wurden im Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) verschiedene Masken auf die Einhaltung der Norm DIN EN 149:2009 und die Höhe des Atemwiderstandes untersucht, um die Repräsentativität der in der IPA-Maskenstudie untersuchten Masken zu verifizieren.

### Kurz gefasst

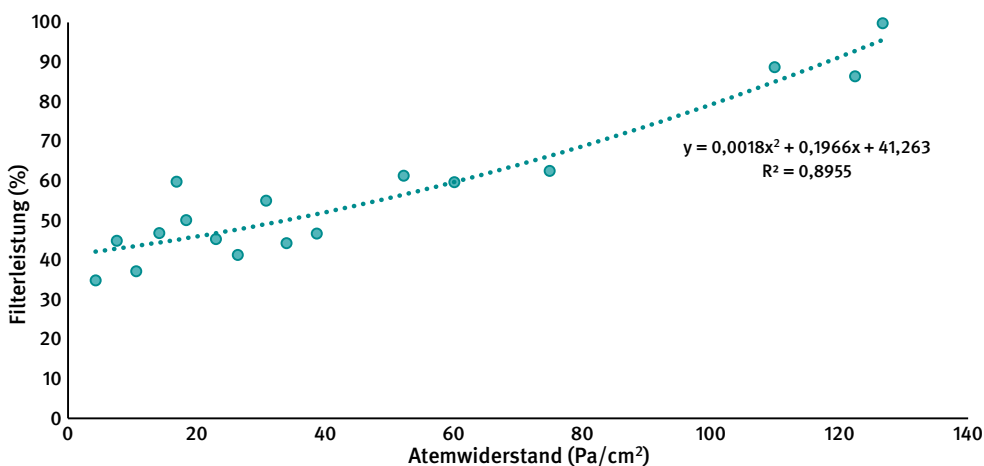
Bei medizinischen Gesichtsmasken (MNS) handelt es sich um Medizinprodukte nach DIN EN 14683, während FFP2-Masken als partikelfiltrierende Halbmasken nach EN 149 geprüft werden und als persönliche Schutzausrüstung gelten. Mund-Nasen-Bedeckungen (MNB) werden bisher nicht nach entsprechenden gesetzlichen Normen geprüft.

Nach DIN EN 14683 wird an einer fest eingespannten Materialprobe der Druck gemessen, der notwendig ist, um Luft durch die Maske zu transportieren (Druckdifferenz). Die Testung nach DIN EN 149:2009 hingegen erfolgt mit der vollständigen Maske am Sheffield-Prüfkopf und kommt dem alltäglichen Maskentragen näher.

Alle zur Verfügung stehenden Daten und die Ergebnisse der parallelen Testung der drei in der IPA-Maskenstudie eingesetzten Masken (MNS, MNB, FFP2) nach EN 149 lassen den Schluss zu, dass es sich bei den jeweiligen Maskentypen um repräsentative Modelle handelt, die im Vergleich zu den marktüblichen Masken einen mittleren bis leicht höheren Atemwiderstand aufweisen.

### Medizinische Gesichtsmasken (MNS) nach DIN EN 14683

MNS bestehen in der Regel aus mehrlagigen Kunststoffgeweben mit einem speziellen Filtervlies („Meltblown Vlies“) und weisen klar normierte Filtereigenschaften auf. Ähnlich wie MNB schließen sie nicht dicht auf der Haut der tragenden Person ab. Daher strömt ein Teil der Luft am Maskenrand vorbei und kann ungefiltert ein- und ausgeatmet werden. MNS dienen vor allem dem Fremdschutz.



**Abb. 1**

Verhältnis von Atemwiderstand und Filterleistung bei 17 verschiedenen Modellen von Mund-Nase-Bedeckungen (MNB) (modifiziert nach Maurer et al. 2020). Die Messung des Atemwiderstandes erfolgte in Anlehnung an die DIN EN 14683, die der Filterleistung unter Verwendung von 0,9%iger Kochsalzlösung als Prüfaerosol.

## Info

**Material-abhängige Filterleistung:** Anteil der im Filtermaterial zurückgehaltenen Partikel eines Prüfaerosols (in Masse %) zur Ermittlung des Wirkungsgrades. Bei der Bestimmung dieser Filterleistung für Viren gibt es bislang kein einheitlich genormtes Verfahren.

**Leckage:** Summe aus dem gesamten Luft-/Gasvolumen, das nicht von der Filterleistung einer Maske erfasst wird und der sog. „Verpassungsleckage“. Letztere beschreibt das Luftvolumen, das beim Ein- und Ausatmen durch die Undichtigkeiten an den Maskenrändern hervorgerufen wird

**Atemwiderstand:** Summe der Kräfte, die bei der Atmung durch die Atemarbeit überwunden werden müssen. Diese Kräfte werden durch Elastizität und Viskosität von Bronchien, Lunge und Brustkorb bestimmt. Beim Tragen einer Maske erhöht sich der Atemwiderstand in Abhängigkeit der Materialeigenschaften der Maske.

**Atemarbeit:** Physikalische Arbeit, die für einen gesamten Atemzyklus erforderlich ist.

**Atemminutenvolumen:** Das pro Minute ein- und ausgeatmete Luftvolumen entspricht dem Produkt aus dem Volumen des einzelnen Atemzuges (Atemzugvolumen) und der Anzahl von Atemzügen pro Minute (Atemfrequenz).

Die Anforderungen der Norm DIN EN 14683 zielen vor allem auf die Prüfung des Materialwiderstandes. Die auf dieser Grundlage vergebenen Zertifikate enthalten die Normbezeichnung und das Ausgabejahr der Norm, aktuelle Version: DIN EN 14683:2019-10. Entsprechend dieser Prüfnorm wird das fest eingespannte Material des MNS (Testfläche: 4,9 cm<sup>2</sup>) zum einen hinsichtlich der bakteriellen aber NICHT der viralen Filterleistung überprüft, zum anderen wird eine Druckdifferenz-Prüfung in Pascal (Pa) pro cm<sup>2</sup> vorgenommen. MNS nach DIN EN 14683 werden in zwei Kategorien unterteilt, Typ I und Typ II, wobei Typ I-Masken eine geringere Filterleistung als Masken vom Typ II haben. Bei beiden Typen darf eine Druckdifferenz von 40 Pa/cm<sup>2</sup> nicht überschritten werden. Zusätzlich gibt es noch MNS nach EN 14683 Typ IIR. Das zusätzliche R steht für den Spritzwiderstand; MNS mit der Kennzeichnung IIR sind demzufolge flüssigkeitsresistent und dürfen eine maximale Druckdifferenz von 60 Pa/cm<sup>2</sup> nicht überschreiten.

### Partikelfiltrierende Halbmasken nach DIN EN 149:2009

Partikelfiltrierende Halbmasken sogenannte „FFP-Masken“, aus dem Englischen: „Filtering Face Piece“, werden dagegen bereits in der Produktion der Anatomie des Mund-Nasen-Bereichs angepasst und weisen entsprechend eine geringere Gesamtleckage bei herabgesetzter Verpassungsleckage auf. Partikelfiltrierende Halbmasken sind Gegenstände der persönlichen Schutzausrüstung im Rahmen des Arbeitsschutzes und gelten nach Infektionsschutzgesetz als Atemschutzmasken. Korrekt sitzende FFP-Masken liegen dicht an und bieten Fremd- und Eigenschutz. Sie beinhalten im Regelfall ein „Meltblown Vlies“ ergänzt um weitere Filterschichten, eingebettet zwischen weiteren Materialschichten zur Formgebung. FFP-Masken werden nach ihrer Schutzleistung (Leckage) und ihrer Filterleistung klassifiziert. Bezogen auf das verwendete Prüfaerosol dürfen Masken vom Typ FFP1 maximal 25 % Leckage bei mindestens 80 % Rückhaltevermögen des Filters aufweisen, FFP2 maximal 11 % Leckage bei mindestens 94 % Rückhaltevermögen und FFP3 maximal 5 % Leckage bei mindestens 99 % Rückhaltevermögen jeweils bezogen auf das verwendete Prüfaerosol. Die Leckage und die Filterleistung werden genauso wie der Atemwiderstand und weitere Parameter nach der europäischen Norm DIN EN 149:2009, die identisch mit EN 149:2001+A1:2009 ist, geprüft. Die Messung des Atemwiderstandes erfolgt dabei mithilfe eines Sheffield-Prüfkopfs, auf den die zu prüfende Maske dicht, jedoch ohne Deformation angebracht wird (Abb. 2). Anschließend wird der Ein- bzw. Ausatemwiderstand bei drei verschiedenen Volumenströmen (30, 95 und 160 L/min) gemessen. Bei dieser Art der Prüfung kann die gesamte Maskenfläche (ca. 120–150 cm<sup>2</sup>) als Testfläche betrachtet werden.



Abb. 2  
Sheffield-Prüfkopf

Maskentyp	Anforderung	Parameter	Luftfluss	Grenzwert	Prüfmethode
MNS, Typ IIR	DIN EN 14683	Druckdifferenz	8 L/min	<60 Pa/cm <sup>2</sup>	
MNB	CWA 17553	Druckdifferenz	8 L/min	≤70 Pa/cm <sup>2</sup>	Nach DIN EN 14683
		Einatemwiderstand	95 L/min	≤240 Pa	Nach DIN EN 13274
		Ausatemwiderstand	95 L/min	≤300 Pa	
		Luftdurchlässigkeit		≥96 L/s/m <sup>2</sup>	Nach EN ISO 9237
FFP2	DIN EN 149:2009	Einatemwiderstand	30 L/min	≤70 Pa	
		Einatemwiderstand	95 L/min	≤240 Pa	
		Ausatemwiderstand	160 L/min	≤300 Pa	

Anmerkung: 1 Pa = 0,01 mbar

**Tab. 1** Übersicht über die Prüfverfahren für Mund-Nase-Schutz (MNS) Typ IIR, Mund-Nase-Bedeckung (MNB) und FFP2-Masken und die entsprechenden Grenzwerte

Eine Übersicht über die Prüfverfahren für MNS Typ IIR, MNB und FFP2-Masken und die entsprechenden Grenzwerte zeigt Tabelle 1.

### Testung und Einordnung der in der IPA-Maskenstudie eingesetzten Masken

Um den Einfluss verschiedener Maskentypen zum Schutz vor SARS-CoV-2 auf die kardiopulmonale Leistungsfähigkeit und die subjektive Beeinträchtigung bei der Arbeit zu ermitteln, wurde am IPA eine Studie durchgeführt, bei der insgesamt 40 Studienteilnehmende verschiedene Untersuchungsblöcke sowohl ohne Maske als auch mit MNS, MNB und FFP2-Maske durchliefen. Aufgrund des Umfangs der Untersuchungen wurde von jedem Maskentyp nur jeweils ein Modell in der Studie verwendet, das in enger Abstimmung mit dem IFA ausgewählt wurde. Um sicher zu stellen, dass es sich dabei jeweils um ein repräsentatives und gut charakterisiertes Modell handelt, wurden verschiedene Recherchen und Testungen durchgeführt.

Bei dem verwendeten MNS handelt es sich um eine medizinische Gesichtsmaske Typ IIR nach DIN EN 14683 (exakt: ISO EN 14683:2014 – Typ II), mit einer Druckdifferenz laut Produktdatenblatt von 29 Pa/cm<sup>2</sup>. Dieser Messwert ist halb so groß, wie der maximal zulässige Wert von 60 Pa/cm<sup>2</sup>.

Bei der in der IPA-Maskenstudie eingesetzten MNB handelt es sich um ein kommerzielles Modell, das von Herstellerseite nach DIN EN 14683 (exakt: DIN EN 14683:2019-10, Anhang C) getestet wurde. Hierzu wurden fünf unterschiedliche Messpunkte jeweils an fünf Masken

untersucht und die Druckdifferenz betrug im Median 58 Pa/cm<sup>2</sup> (Range: 51-75 Pa/cm<sup>2</sup>). Vergleicht man diese Druckdifferenz mit denen von 17 verschiedenen MNB-Modellen, die von Maurer und Mitarbeitern (Maurer et al. 2020) in einem der DIN EN 14683 vergleichbaren Versuchsaufbau ermittelt wurden (Median = 30 Pa/cm<sup>2</sup> (Range: 4–127 Pa/cm<sup>2</sup>), siehe Abb. 1), lässt sich eine leicht höhere, aber repräsentative Druckdifferenz für die in der IPA-Maskenstudie eingesetzte MNB festhalten.

Bei der in der IPA-Maskenstudie verwendeten FFP2-Maske handelt es sich um eine partikelfiltrierende Halbmaske nach DIN EN 149:2009 (exakt: EN 149:2001+A1:2009), deren Atemwiderstände vom Hersteller mit 25 Pa (30 L/min), 95 Pa (95 L/min) bzw. 144 Pa (160 L/min) angegeben werden. Dieses Maskenmodell wurde zusätzlich im Rahmen der Maskenstudie durch das IFA nach EN 149:2001+A1:2009 getestet und es zeigten sich vergleichbare Atemwiderstände (Tabelle 2). Vergleicht man diese Ergebnisse mit denen weiterer FFP2-Modelle (n=8, Datenquelle IFA: Median: 32 Pa (Range: 16-46 Pa) bei 30 L/min, 108 Pa (71–157 Pa) bei 95 L/min bzw. 137 Pa (69–250 Pa) bei 160 L/min), wird deutlich, dass der Atemwiderstand der in der IPA-Maskenstudie verwendeten FFP2-Maske bei geringem Durchfluss (30 L/min) im mittleren und mit zunehmendem Fluss im leicht höheren Bereich liegt und somit als repräsentativ bezeichnet werden kann.

Wie zuvor dargestellt, werden die drei Maskentypen mit unterschiedlichen Prüfverfahren getestet, wodurch ein direkter Vergleich anhand der ermittelten Messwerte nur bedingt möglich ist. Neben den unterschiedlichen Volumenströmen unterscheiden sich maßgeblich die zu



Maskentyp	Gemessener Atemwiderstand nach DIN EN 149:2009 [Pa] Median (Range)		
	bei 30 L/min <sup>(E)</sup>	bei 95 L/min <sup>(E)</sup>	bei 160 L/min <sup>(A)</sup>
MNS, Typ IIR	17 (12–18)	93 (87–148)	71 (56–77)
MNB	16 (14–19)	101 (88–116)	70 (58–80)
FFP2	33 (30–35)	143 (133–159)	154 (146–166)

Mund-Nase-Schutz (MNS) Typ IIR, Mund-Nase-Bedeckung (MNB), Einatemwiderstand (E), Ausatemwiderstand (A), Anmerkung: 1 Pa = 0,01 mbar

**Tab. 2**  
Ergebnisse der durch das IFA nach DIN EN 149:2009 gemessenen Atemwiderstände der in der IPA-Maskenstudie verwendeten Maskentypen. Gemessen wurden jeweils 10 identische Modelle

testenden Materialflächen. Dem alltäglichen Maskentragen kommt die Testung nach DIN EN 149:2009 am nächsten, da hierbei die zu testende Maske an einem Sheffield-Prüfkopf befestigt wird und nicht, wie sonst üblich, nur eine Materialfläche von 4,9 cm<sup>2</sup> getestet wird. In der Regel werden nach DIN EN 149:2009 nur partikelfiltrierende Halbmasken getestet. Um aber einen vergleichenden Eindruck der Atemwiderstände der drei Maskentypen unter identischen und alltagsnahen Versuchsbedingungen zu erhalten, wurden im Vorfeld der IPA-Maskenstudie zusätzlich die verwendeten MNS- und MNB-Modelle (jeweils n=10) nach dieser Norm durch das IFA am Sheffield-Kopf getestet (Tabelle 2).

Anhand der in Tabelle 2 gezeigten Daten wird erkennbar, dass bei einer Prüfung nach DIN EN 149:2009 vergleichbare Atemwiderstände für den MNS und die MNB gemessen werden. Für die FFP2-Maske finden sich aufgrund ihrer erhöhten Filterleistung höhere Atemwiderstände. Generell unterscheiden sich diese Atemwiderstände von den Druckdifferenzen, die sich bei der Prüfung nach DIN EN 14683 ergeben. Hier zeigte sich für die MNB eine doppelt so hohe Druckdifferenz wie für den MNS (58 Pa/cm<sup>2</sup> vs. 29 Pa/cm<sup>2</sup>). Dies kann darin begründet sein, dass sich der zu testende Luftstrom (vgl. Tab. 1) durch das Maskenmaterial und die Größe der zu testenden Oberfläche unterscheidet und insbesondere bei hohen Flüssen bei der Testung nach DIN EN 149:2009 die Leckage bei MNB und MNS zum

Tragen kommt. Insgesamt ermöglichte die parallele Testung der in der IPA-Maskenstudie verwendeten Maskentypen nach einer identischen, zudem noch dem alltäglichen Maskentragen nahe kommenden, Prüfnorm (EN 149:2001+A1: 2009) erstmals eine vergleichende Betrachtung der Atemwiderstände der verschiedenen Masken.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass durch den Vergleich der so gewonnenen experimentellen Daten mit bereits publizierten Daten bestätigt wird, dass es sich bei allen drei in der IPA-Maskenstudie eingesetzten Maskentypen (MNS, MNB, FFP2) um repräsentative Modelle mit einem mittleren bis leicht höheren Atemwiderstand für den jeweiligen Maskentyp handelt.

#### Die Autoren:

Prof. Dr. Jürgen Bünger  
Prof. Dr. Thomas Brüning  
Dr. Birger Jettkant  
Eike Marek  
Dr. Vera van Kampen

#### IPA

Christoph Thelen  
Institut für Arbeitsschutz  
der DGUV (IFA)

## Literatur

Dellweg D, Lepper P M, Nowak D, Köhnlein T, Olgemöller U, Pfeifer M. Stellungnahme der DGP zur Auswirkung von Mund-Nasenmasken auf den Eigen- und Fremdschutz bei aerogen übertragbaren Infektionen in der Bevölkerung. *Pneumologie* 2020; 74: 331-336.

Maurer L, Peris D, Kerl J, Guenther F, Koehler D, Dellweg D. Community masks during the SARS-CoV-2 pandemic: filtration efficacy and air resistance. *J Aerosol Med Pulm Drug Deliv* 2021; 34: 11-19.

Scheuch, G. Breathing is enough: for the spread of influenza virus and SARS-CoV-2 by breathing only. *J Aerosol Med Pulm Drug Deliv* 2020; 33: 230-234.



# Exogen allergische Alveolitis (EAA) durch den Erreger der Rußrindenkrankheit (*Cryptostroma corticale*) – Eine diagnostische Herausforderung

Herstellung und Validierung von diagnostischen Testtools am IPA



Sabine Kespohl, Jörg Grüner, Rasmus Enderle,  
Janett Riebesehl, Monika Raulf

*Klimatische Veränderungen führten in den letzten Jahren in Deutschland zu einem verstärkten Befall von Ahornbäumen mit der sogenannten Rußrindenkrankheit. Die Sporen dieses Pilzes können bei Beschäftigten, die mit befallenen Holz in Kontakt kommen, zu einer exogen allergischen Alveolitis führen. In Zusammenarbeit mit verschiedenen Unfallversicherungsträgern und Forschungsinstituten hat das IPA diagnostische Tools zum Nachweis von *Cryptostroma corticale* Sporen- und Myzelantigenen entwickelt.*

Seit etwa 2017 wird vermehrt das Auftreten der Rußrindenkrankheit bei Ahornbäumen in Deutschland nachgewiesen. Diese Baumkrankheit wird durch den Pilz *Cryptostroma corticale* (*C. corticale*) ausgelöst (Grüner et al. 2020, Enderle et al. 2020). Durch eine Infektion des Pilzes in der Rinde und im Holz kommt es letztendlich zu einem

vermehrten und beschleunigten Absterben geschwächter Ahornbäume. In Deutschland ist der Bergahorn die hauptsächlich von der Krankheit betroffene Baumart, daneben dienen aber Spitz-, Feld- oder auch Silberahorn als potentielle Wirte für den Pilz. Ursprünglich aus Nordamerika stammend, verbreitet sich *C. corticale* in Europa



seit Mitte der 1940er Jahre. Bei geschwächten Bäumen zeigt der Pilz seine verheerende Wirkung: flächig unter der Rinde hervorbrechende schwarze Sporenlager werden sichtbar (Abb. 1). Der Trockenstress in den letzten Jahren, gepaart mit großer Hitze, verursachten in vielen Ahorn-Beständen derartige Schädigungen und veränderten so das Waldbild. Eine durch den Pilz verursachte Weißfäule, zusammen mit auffälligen, grünlich-grauen Verfärbungen im Stamm, machen das Holz für die Weiterverarbeitung unbrauchbar.

### Rußrindenkrankheit für exponierte Beschäftigte ein gesundheitliches Risiko

Befallene Ahornbäume können unter ihrer Rinde großflächig angelegte Sporenmengen von bis zu 170 Mio. Sporen/cm<sup>2</sup> aufweisen. Werden sie gefällt, so kann es durch Einatmen der Sporen bei Beschäftigten zu schweren Entzündungsreaktionen, begleitet von Lungen- und Atemwegssymptomen, kommen. Aber auch in Holzverarbeitenden Betrieben wie Papierfabriken und Sägewerken wurde die durch *C. corticale* induzierte Erkrankung als ‚Wood pulp workers disease‘ beschrieben (Wenzel & Emanuel 1967). Eine häufige und intensive Exposition gegen *C. corticale* kann bei exponierten Beschäftigten eine exogene allergische Alveolitis (EAA) verursachen. Hierzu existieren verschiedene klinische Fallbeschreibungen (Emanuel et al. 1966; Tewksbury et al. 1968, Shepherd et al. 1989) und die zunehmende Bedeutung dieser Thematik wurde in einem aktuellen Übersichtsartikel (Braun et al.

#### Kurz gefasst

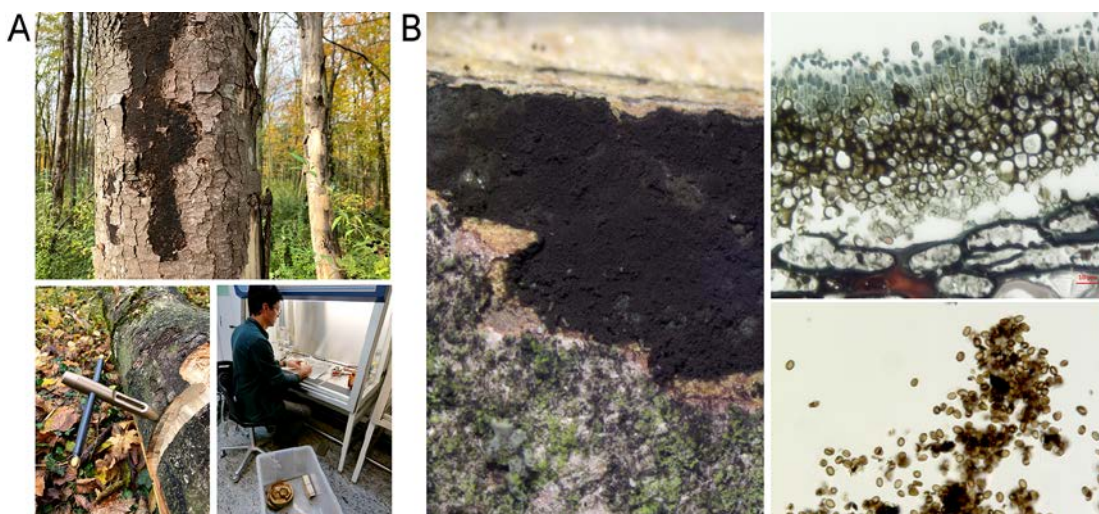
In Deutschland kommt es zu einem vermehrten Befall der Ahornbäume durch den Pilz der Rußrindenkrankheit *Cryptostroma corticale*.

Die Sporen von *C. corticale* können bei exponierten Beschäftigten eine exogene allergische Alveolitis (EAA), eine seltene interstitielle Lungenerkrankung, auslösen.

Die am IPA entwickelten validierten Antigen-Testtools zur serologischen Bestimmung von spezifischen IgG-Antikörpern gegen *C. corticale* und die Etablierung von Referenzwerten können zukünftig die Diagnostik bei Verdachtsfällen auf EAA durch *C. corticale* verbessern.

2021) zusammengestellt. Bei der EAA handelt es sich um eine seltene interstitielle Lungenerkrankung, die auch als Berufskrankheit anerkannt werden kann (BK-Nr. 4201).

Ende 2019 beschäftigte sich auch der Arbeitskreis Abfallwirtschaft im Ausschuss für Biologische Arbeitsstoffe (ABAS-UA2) angesichts der massiven Fällungen und Beseitigungen der durch *C. corticale* geschädigten Ahornbäume in städtischen Bereichen mit den potenziellen gesundheitlichen Risiken für exponierte Beschäftigte. Betroffen sind unter anderem versicherte Personen der BG Verkehr beim Transport und der separaten Zerkleinerung des Holzes. Da diese Thematik und insbesondere



**Abb. 1** Jeweils im Uhrzeigersinn: A) Schimmelpilz *C. corticale* unter der Rinde des Ahorn, Probennahme an befallenen Ahorn-Stamm und Aufarbeitung der Pilzproben unter der Sterilbank; B) schwarze freiliegende Sporenlager von *C. corticale* in der Rinde, mikroskopische Aufnahme (Querschnitt) der sporenbildenden Schicht von *C. corticale* in der äußeren Rinde von Bergahorn, pigmentierte ovale Sporen von *C. corticale* (5 x 4 µm).



die Aufklärung der gesundheitlichen Risiken inklusive einer spezifischen Diagnostik bei Erkrankungsverdachtsfällen auch für weitere Unfallversicherungsträger von Interesse ist, wurde *C. corticale* als Forschungsthema in das laufende „IPA-Projekt 145-Bioaerosole“ aufgenommen.

### Spezifischer IgG-Nachweis als ein Baustein der EAA-Diagnostik

Die EAA ist eine seltene interstitielle Lungenerkrankung, die auf einer verzögerten allergischen Reaktion (Typ III/IV) in der Lunge basiert und häufig durch wiederholte, hohe Expositionen gegenüber mikrobiellen Antigenen in Stäuben oder Aerosolen induziert werden kann (Eisenhawer & Raulf, 2020). Obwohl *C. corticale* als potenzieller Auslöser einer EAA bei exponierten Beschäftigten in der Forstwirtschaft sowie in holzverarbeitenden Betrieben, Papierfabriken und Sägewerken bekannt ist, stehen bisher keine validierten Testmöglichkeiten zur Verfügung. Somit fehlt der serologische IgG-Antikörpernachweis gegen *C. corticale* als ein wichtiger Baustein in der Diagnostik der EAA. Um diese diagnostische Lücke zu schließen, wurden am IPA Tools zum Nachweis von spezifischen IgG-Antikörpern bei Verdacht auf eine EAA durch *C. corticale* entwickelt und etabliert. Für eine Bewertung der spezifischen IgG-Daten sind Referenzwerte (sogenannte Cut-off-Werte) erforderlich. Nur so kann abgeschätzt werden, was dem „Normalbereich“ bei gesunden Probanden entspricht und ab welcher Konzentration die spezifischen IgG-Antikörper einen weiteren Hinweis auf eine EAA darstellen (Raulf et al. 2019).

Im Gegensatz zum spezifischen IgE sind die Referenzwerte (Cut-off) für verschiedene IgG-Antigene nicht einheitlich, sondern variieren je nach Antigen. Um diesen Referenzwert für *C. corticale* festlegen zu können, sollten Seren

#### Info

##### Ahornbäume

Ahornbäume sind sehr häufig anzutreffende Laubgehölze in Wäldern und im urbanen Grün.

Bergahorn ist eine Mischbaumart mit wichtigen ökologischen Funktionen.

Ahornholz hat wertvolle Holzeigenschaften, die sich nicht zuletzt auch in den Holzpreisen widerspiegeln.

Probleme, die sich für die Baumart ergeben, stellen also auch die Waldwirtschaft vor eine große Herausforderung.

von gesunden, nicht-exponierten und auch Seren von gesunden, exponierten Probanden untersucht werden. Um insbesondere Seren von exponierten Personen gewinnen zu können, wurde das Votum der Ethik-Kommission der Medizinischen Fakultät der Ruhr-Universität eingeholt (Registrier-Nr.: 20-7129). Mit Unterstützung der Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (SVLFG) und weiterer Unfallversicherungsträger wurden gesunde, exponierte Beschäftigten rekrutiert, wobei zusätzlich zum Serum Daten zur Exposition und möglichen Beschwerden durch *C. corticale* mittels Fragebogen erhoben wurden.

### Herstellung von Testantigenen

Im Rahmen einer wissenschaftlichen Kooperation mit dem Julius Kühn-Institut (JKI) in Braunschweig sowie der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA) konnte Ausgangsmaterial für die Herstellung valider Antigen-Testtools zur Verfügung gestellt

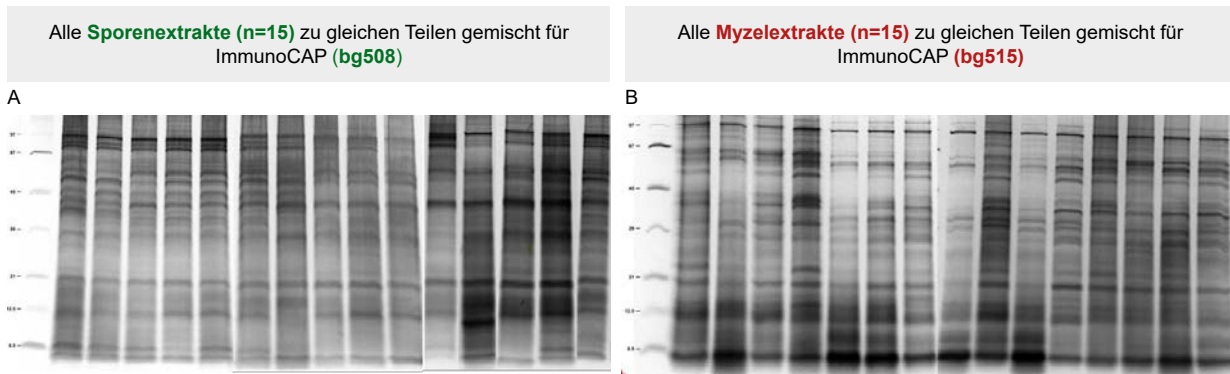
#### Info

##### *Cryptostroma corticale*

Aufgrund des gehäuften Auftretens von *C. corticale* wurde im Rahmen der Aktualisierung (04/2020) der Technischen Regeln für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA) 460 der Pilz *C. corticale* in die Risikogruppe I für Pilze eingestuft. Weiterhin erhielt *C. corticale* die Zusätze ‚A‘, für mögliche

allergene Wirkung beim Menschen (eine Typ III/IV allergische Reaktion als immunologische Basis der EAA) und ‚p‘ für pathogene Wirkung bei Pflanzen.

→ <https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRBA/TRBA-460.html>



**Abb. 2** SDS-Silbergele der einzelnen Sporenextrakte (A) und Myzelextrakte (B) von *C. corticale* für die Herstellung von IgG-Testtools.

werden (Abb. 1 A/B). Dabei handelte es sich um insgesamt 15 verschiedene *C. corticale* Stämme aus Proben, die in unterschiedlichen Regionen Deutschlands gesammelt wurden. Die Pilzmaterialproben (Abb. 1A) wurden von den Kooperationspartnern kultiviert, Myzel und Sporen nachfolgend präpariert, mikroskopisch identifiziert (Abb. 1B) und genetisch sequenziert. Das geprüfte Sporen- und Myzelmaterial von *C. corticale* wurde anschließend im IPA aufgearbeitet und extrahiert. Die Qualitätsprüfung der Extrakte erfolgte durch biochemische Analysen, die für eine validierte Entwicklung von Testtools nötig sind. Die extrahierten Proteine aus Pilzsporen und Pilzmyzel wurden mittels Silberfärbung im SDS-Gel analysiert (Abb. 2). Die Proteinbanden der Sporen- beziehungsweise Myzelextrakte lagen im Molekulargewichtsbereich von 5 bis 100 kDa. Die qualitativen Proteinmuster sind innerhalb der Sporen bzw. Myzelien in den verschiedenen Stämmen vergleichbar. Von den 15 verschiedenen Stämmen von *C. corticale* wurden jeweils die Sporen- (Abb. 2A) und Myzelextrakte

(Abb. 2B) gepoolt. Die enthaltenen Proteine/Antigene wurden nachfolgend biotinyliert und an Streptavidin-ImmunoCAPs gekoppelt.

### Bedeutung von Referenzwerten

Um die spezifische IgG-Antikörperkonzentration in einem nicht exponierten Kollektiv als Referenzwertbereich von unbelasteten Personen zu bestimmen, wurden 20 Seren aus der Referenzwertstudie randomisiert ausgewählt und getestet (Raulf et al. 2019). Ebenso standen durch die Unterstützung der SVLFG und anderer Unfallversicherungsträger 17 Seren von exponierten, aber nicht erkrankten Beschäftigten zur Verfügung. Die Charakteristika der beiden Untersuchungskollektive sind in Tab. 1 dargestellt. Beide Referenzkollektive, mit und ohne Exposition gegen *C. corticale*, waren hinsichtlich Alter, Geschlecht und Raucherstatus vergleichbar. In diesen insgesamt 37

	Referenzkollektiv OHNE Exposition (n=20)	Referenzkollektiv MIT Exposition (n=17)
Alter: Median [Min-Max]	44 J [22 J – 62 J]	47 J [23 J – 62 J]
Geschlecht:	40 % ♀, 60 % ♂	35 % ♀, 65 % ♂
Raucherstatus:	65 % Nie-Raucher	59 % Nie-Raucher
Berufsgruppen:	Beschäftigungen ohne Schimmel-exposition	Baumpfleger, Beschäftigte in der Forstwirtschaft/forstwirtschaftlichen Forschung
Spezifisches IgE gegen <i>Cryptostroma corticale</i> Sporen (bg508) (mg <sub>A</sub> /L): Median [Min-Max; 90%-Quantil]	7,44 [1,0 – 115,31; 17,31]	8,17 [2,55 – 17,92; 13,04]
Spezifisches IgG gegen <i>Cryptostroma corticale</i> Mycel (bg515) (mg <sub>A</sub> /L): Median [Min-Max; 90%-Quantil]	6,65 [0,88 – 95,02; 17,37]	5,79 [2,26 – 17,27; 11,65]

**Tab. 1** Charakteristika der Referenzkollektive



Seren wurden jeweils die spezifische IgG-Konzentration gegen die hergestellten *C. corticale*-Sporen- bzw. Myzelextrakte im ImmunoCAP-System gemessen. Die sIgG-Konzentrationen (Median und 90%-Quantil) auf Sporen- und Myzel-Antigene waren in beiden Kollektiven vergleichbar.

## Fazit

Die vom IPA entwickelten diagnostischen Tools zur spezifischen IgG-Messung auf Antigene von *C. corticale* Sporen- und Myzelantigenen ermöglichen es, EAA-Verdachtsfälle von Beschäftigten mit klinischen Symptomen, bei denen eine Exposition gegen *C. corticale* vermutet wird, quantitativ zu analysieren. Der Vergleich der spezifischen IgG-Konzentration im Serum des jeweiligen Patienten mit denen der Referenzkollektive macht es möglich, die serologische IgG-Konzentration einzuordnen. Erhöhte spezifische IgG-Antikörperwerte im Serum von Patienten stellen einen wichtigen Baustein in der Diagnose einer EAA dar und leisten damit einen Beitrag zur komplexen Diagnosestellung. Wie wertvoll diese diagnostischen Tools sind, konnte in der Vergangenheit bereits unter anderem für EAA-Verdachtsfälle, verursacht durch Kühlschmierstoffe, gezeigt werden (Kespohl et al. 2020). Diese am IPA entwickelten spezifischen Testungen können bei entsprechenden Verdachtsfällen angefordert werden (Formular unter [www.ipa-dguv.de/ipa/forschung/baproj/index.jsp](http://www.ipa-dguv.de/ipa/forschung/baproj/index.jsp)). Die beiden Testtools *C. corticale* Sporen (bg508) und *C. corticale* Myzel (bg515) befinden sich ebenfalls in der Anforderungsliste.

## Danksagung

Wir bedanken uns bei den Unfallversicherungsträgern, die an diesem Projekt beteiligt waren, insbesondere bei Herrn Eckart Willer (BG-Verkehr), Herrn Reinhold Watzele und Frau Dr. Alexandra Riethmüller (SVLFG) und Herrn Dr. Stephan Mayer (BG-HW). Die Rekrutierung des exponierten Kollektivs erfolgte durch Herrn Michael Spremann (SVLFG), dem hier auch ausdrücklich für seine Unterstützung gedankt sei. Für den technischen Support bedanken wir uns bei Frau Gudrun Seiffert und Frau Sabine Remmele (FVA), bei Frau Dagmar Trautmann und Herrn Henrike Gottfried (JKI) und Frau Ursula Meurer und Frau Silke Maryska (IPA).

## Die Autoren:

Dr. Sabine Kespohl  
Prof. Dr. Monika Raulf  
IPA

Dr. Jörg Grüner  
Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt  
Baden-Württemberg (FVA)

Dr. Rasmus Enderle  
Dr. Janett Riebesehl  
Julius Kühn-Institut, Braunschweig (JKI), Institut  
für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst

## Literatur

Braun M, Klingelhöfer D, Groneberg DA. Sooty bark disease of maples: the risk for hypersensitivity pneumonitis by fungal spores not only for woodman. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology* 2021; 16(1), 1-7. DOI: 10.1186/s12995-021-00292-5

Eisenhawer C, Raulf M. Berufsbedingte exogen allergische Alveolitis – Auf die frühzeitige Diagnose kommt es an! *IPA Journal* 2020; 01: 24-27

Emanuel D, Wenzel F, Lawton B. Pneumonitis due to *Cryptostroma corticale* (Maple-bark disease). *N Engl J Med* 1966; 274: 1413–1418. DOI: 10.1056/NEJM196606232742504.

Enderle R, Riebesehl J, Becker P, Kehr R. Rußrindenkrankheit an Ahorn – Biologie, Pathologie und Entsorgung von Schadholz. In: Dujesiefken, D. (Hrsg.): *Jahrbuch der Baumpflege 2020*. Braunschweig, 85-100.

Grüner J, Berens A, Delb H. Die Ahorn-Rußrindenkrankheit in Südwestdeutschland: Gefahren, Prognose und Empfehlungen. *Waldschutz-Info* 2020; 2: 1-8. CID: 20.500.12592/0h1wjg

Kespohl S, Warfolomeow I, Schneider G, Maryska S, Meurer U, Raulf M. Microbial contamination in water-based metalworking fluid as trigger for occupational hypersensitivity pneumonitis – development of specific IgG tools for a suspected clinical case. *Allergologie select* 2020; 4: 110–117. DOI: 10.5414/ALX02124E.

Kespohl S, Raulf M. Rußrindenkrankheit – Vorsicht bei Kontakt mit Ahornbäumen. *VKS News* 2022; 263: 11-14.

Raulf M, Joest M, Sander I, Hoffmeyer F, Nowak D, Ochmann U. Update of reference values for IgG antibodies against typical antigens of hypersensitivity pneumonitis. *Allergo J Int* 2019; 28: 192–203. DOI: 10.1007/s40629-019-0099-x.

Shepherd G, Michelis M, Macris N, Smith J. Hypersensitivity pneumonitis in an orchid grower associated with sensitivity to the fungus *Cryptostroma corticale*. *Ann Allergy* 1989; 62: 522–525.

Tewksbury D, Wenzel F, Emanuel D. An immunological study of maple bark disease. *Clin Exp Immunol* 1968; 3: 857–863.

Wenzel F, Emanuel D. The Epidemiology of Maple Bark Disease. *Arch Environ Health* 1967; 14: 385–389. DOI: 10.1080/00039896.1967.10664759.





## Einfluss von Raumumwelt auf Geruchsschwellen

Riechen wir nur mit der Nase oder mit unserem ganzen Körper?



Kirsten Sucker, Vanessa Thiele,  
Christian Monsé

*Zur gesundheitlich-hygienischen Beurteilung von Geruchsstoffen in der Innenraumluft hat der Ausschuss für Innenraumrichtwerte sogenannte Geruchsleitwerte aufgestellt. Grundlage dafür sind geeignete Geruchsschwellen. Im Rahmen eines Projektes überprüft das IPA, ob diese Geruchsschwelle eine zuverlässige Aussage über die Wahrnehmung eines Geruchs in einem Innenraum erlaubt.*

### Luftqualität an Innenraumarbeitsplätzen seit Jahren ein Thema

Die Unfallversicherungsträger beschäftigt das Thema „schlechte Luftqualität und störende Gerüche am Innenraumarbeitsplatz“ seit vielen Jahren, unter anderem im Zusammenhang mit der Erweiterung des Präventionsauftrags nach § 1 SGB VII zur Verhütung arbeitsbedingter Gesundheitsgefahren. In den letzten Jahren wurden viele

Anstrengungen unternommen, um die Vorgehensweise bei der Ermittlung und Beurteilung chemischer Verunreinigungen in der Luft von Innenraumarbeitsplätzen zu standardisieren. Gleichzeitig sollen den Unfallversicherungsträgern für die Praxis Hilfestellungen bei der Erfassung und Bewertung von gesundheitlichen Beschwerden und störenden Gerüchen gegeben werden. So wurden verlässliche Richt- und Referenzwerte für Luftschadstoffe in Innenräumen und speziell in Büroräumen aufgestellt.

Im Rahmen des gemeinsamen Projektes vom IPA und dem Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA) „Wirkung und Bewertung von Gerüchen an Innenraumarbeitsplätzen“ wurde ein Fragebogen entwickelt. Mit seiner Hilfe kann die Häufigkeit von Beschwerden über das Raumklima, gesundheitliche Beschwerden und Angaben zur Geruchsbelästigung erhoben werden (Sucker et al., 2021). Die Ergebnisse werden dann mit Werten aus einer nicht belasteten, unauffälligen Referenzpopulation verglichen, um so Befindlichkeitsstörungen und Beschwerden über Geruchsbelästigungen zu objektivieren.

### Konzept der Geruchsleitwerte

Das Konzept der Geruchsleitwerte beschreibt eine Vorgehensweise zur Objektivierung von Geruchsbelästigungen. Es beruht auf der Annahme, dass ein Geruch von den meisten Personen als unangenehm und belästigend wahrgenommen wird, wenn die Stoffkonzentration einer chemischen Substanz in der Raumluft um ein Vielfaches oberhalb der Geruchsschwelle liegt. An der Geruchsschwelle ist die Konzentration eines Stoffes in der Luft so gering, dass sie eine eben merkliche Empfindung „es riecht“ auslöst. Die Voraussetzung ist, dass die mit einem Olfaktometer bestimmten Geruchsschwellen auf die reale Situation der Raumnutzenden übertragbar sind. Hierzu fehlen bislang wissenschaftliche Erkenntnisse. Ebenso ungeklärt ist, ob Umgebungsfaktoren wie Lärm, Licht, Temperatur der Raumluft, oder die Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>)-Konzentration in der Raumluft einen Einfluss auf die Empfindlichkeit der Geruchswahrnehmung haben.

### Studiendesign

Zur Beantwortung der offenen Fragen führt das IPA aktuell eine Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes durch. Alle Untersuchungen werden im 30 qm großen Expositionsraum des IPA (ExpoLab) durchgeführt. Unter den Bedingungen im ExpoLab können die Umgebungsfaktoren Lärm, Licht, Temperatur, Luftwechselrate und damit die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Luft konstant gehalten beziehungsweise gezielt verändert werden.

Im ersten Studienteil wird bei freiwilligen Probanden und Probandinnen zunächst mit einem im ExpoLab stehenden Olfaktometer die Geruchsschwelle für Butanol ermittelt. Butanol ist ein Standardgeruchsstoff in der Olfaktometrie und kommt unter anderem in Bananen, Käse oder Muttermilch vor. Das Olfaktometer ist ein Gerät, um

### Kurz gefasst

Unangenehme und belästigende Gerüche in Innenräumen geben oftmals Anlass zur Besorgnis über mögliche gesundheitliche Folgen.

Das Konzept der Geruchsleitwerte beschreibt eine Vorgehensweise zur Objektivierung von Geruchsbelästigungen in Innenräumen und beruht auf verlässlich ermittelten Geruchsschwellen.

Ein Projekt des IPA untersucht, ob die mit einem Olfaktometer bestimmten Geruchsschwellen auf die reale Situation der Raumnutzenden übertragbar sind und ob Umgebungsfaktoren Einfluss auf die Geruchswahrnehmung haben.

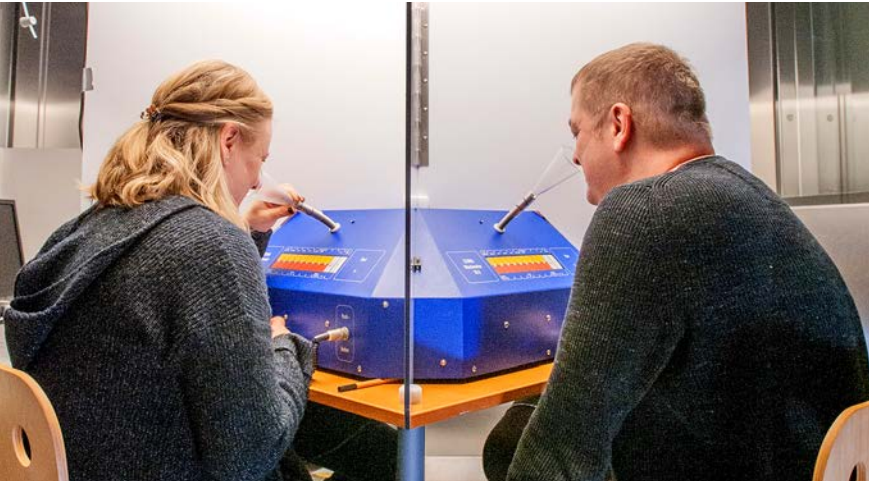
Geruchsstoffproben in verschiedenen Konzentrationsstufen direkt an der Nase kontrolliert zu präsentieren (s. Abb. 1). Um die Geruchsschwelle für Butanol auch in einem Raum bestimmen zu können, werden dieselben Butanolkonzentrationen im ExpoLab erzeugt wie beim Olfaktometer. Dann betreten die Studienteilnehmenden das ExpoLab und geben an, ob sie den Butanolgeruch wahrnehmen oder nicht. Diese beiden Geruchsschwellen (Olfaktometer vs. Raum) werden miteinander verglichen.

Im zweiten Studienteil wird der Einfluss von Umgebungsfaktoren auf die Geruchsschwelle untersucht. Hierzu werden die Umgebungsfaktoren (Lärm, Licht, Temperatur, CO<sub>2</sub>-Konzentration) entsprechend verändert, während die Geruchsschwelle für Butanol einmal am Olfaktometer und einmal im Raum ermittelt wird.

Im dritten Studienteil wird die Vergleichbarkeit der am Olfaktometer und in einem Raum erfassten Geruchsschwellen für einen weiteren Geruchsstoff überprüft. Die Durchführung dieses Studienteils ist abhängig vom Ergebnis des ersten Studienteils. Sind die mit den beiden unterschiedlichen Methoden erfassten Geruchsschwellen vergleichbar bzw. mit Hilfe eines festen Faktors ineinander überführbar, wird der dritte Studienteil durchgeführt.

### Studienteilnehmerinnen und Studienteilnehmer

Die Auswahl der Studienteilnehmenden geschieht gemäß den Vorgaben der DIN EN 13725. Wenn die individuellen Geruchsschwellenwerte für Butanol zwischen 20 ppb und 80 ppb liegen und die Anforderungen an Präzision und



**Abb. 1**  
Probanden im Expositionslabor des IPA am sogenannten Olfaktometer zur Bestimmung der Geruchsschwelle.

Genauigkeit erfüllt sind, wird der oder die Studienteilnehmende zu einer geeigneten Prüfperson. Es werden 20 Prüfpersonen, von denen die Hälfte weiblich sind, eingesetzt. Nach Möglichkeit sollen in allen drei Studienabschnitten immer dieselben Personen eingesetzt werden.

### Geruchsschwellenmessung am Olfaktometer

Zur Bestimmung der Geruchsschwellen wird ein rechnergesteuertes Olfaktometer (TO8, Olfasense) mit vier Plätzen und automatischer Auswertung verwendet. Um eine Geruchsschwelle zu ermitteln, werden bis zu sechs Konzentrationsstufen in aufsteigender Reihenfolge präsentiert, wobei im unter-schweligen, nicht wahrnehmbaren Bereich begonnen wird. Nach jeder Darbietung muss per Knopfdruck entschieden werden „Ja, es riecht“ oder „Nein, es riecht nicht“ (Ja/Nein Methode). Um Ratetendenzen zu vermeiden, werden Proben mit nicht riechender Luft eingestreut. Die Stoffkonzentration an der Geruchsschwelle wird als geometrischer Mittelwert aus der letzten nicht wahrgenommenen und der ersten wahrgenommenen Stufe berechnet.

### Geruchsschwellenmessung im Raum

Mit Hilfe eines Kalibriergasgenerators wird das verdünnte Butanol der Raumluft im ExpoLab beigemischt. Dabei werden exakt dieselben Konzentrationsstufen realisiert, wie am Olfaktometer. Die Stoffkonzentrationen werden per online-Massenspektrometrie mit einer zeitlichen Auflösung im Sekundentakt überwacht. Frühere Untersuchungen haben gezeigt, dass die Expositionsatmosphäre im ExpoLab homogen, stabil und reproduzierbar ist (Monsé et al., 2012). Zur Ermittlung einer Geruchsschwelle betritt die Prüfperson das ExpoLab, bewertet

den Geruch (Ja/Nein Methode) und verlässt das ExpoLab wieder. Dann wird die nächsthöhere Konzentrationsstufe realisiert.

### Ausblick

Die Untersuchungen sollen bis Mitte 2022 abgeschlossen sein. Das Projektende ist für Dezember 2022 geplant. Die Ergebnisse werden anschließend dem Ausschuss für Innenraumrichtwerte vorgelegt, der dann das Konzept der Geruchsleitwerte entsprechend überarbeitet.

#### Die Autoren:

Dr. Christian Monsé

Dr. Kirsten Sucker

Vanessa Thiele

IPA

#### Literatur

Sucker, K.; Peters, S.; Giesen, Y.: IPA/IFA-Projekt: Wirkung und Bewertung von Gerüchen an Innenraumarbeitsplätzen – Ergebnisse der Hauptstudie. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft. 81 (2021) Nr. 5-6, S. 199-202.

Monsé C, Sucker K, van Thriel C, Broding HC, Jettkant B, Berresheim H, Wiethage T, Käfferlein H, Merget R, Bünger J, Brüning T. Considerations for the design and technical setup of a human whole-body exposure chamber. Inhal Toxicol. 24 (2012) 99-108. DOI: 10.3109/08958378.2011.640362

## Interview



## DGUV Empfehlungen für arbeitsmedizinische Beratungen und Untersuchungen



Interview mit Dr. med. Florian Struwe

*Die DGUV wird voraussichtlich Mitte 2022 die 1. Auflage der „DGUV Empfehlungen für arbeitsmedizinische Beratungen und Untersuchungen“ veröffentlichen. Sie ersetzen die bisherigen „DGUV Grundsätze für arbeitsmedizinische Untersuchungen“.*

*Die neuen DGUV Empfehlungen wurden in den vergangenen Jahren durch die Expertinnen und Experten in den Arbeitskreisen des „Ausschusses Arbeitsmedizin der gesetzlichen Unfallversicherung (AAMED-GUV)“ erarbeitet.*

*Hauptzielgruppe der DGUV Empfehlungen sind Betriebsärztinnen und Betriebsärzte, die bei der inhaltlichen Gestaltung von arbeitsmedizinischen Beratungen und Untersuchungen unterstützt werden sollen. Anlässlich der bevorstehenden Veröffentlichung der DGUV Empfehlungen sprach das IPA Journal mit dem Leiter des AAMED-GUV, Dr. Florian Struwe von der Berufsgenossenschaft Holz und Metall.*





Dr. Florian Struwe

### **Was wurde in den neuen DGUV Empfehlungen konzeptionell und strukturell geändert?**

Zunächst einmal wurde der Empfehlungscharakter im neuen Titel besonders betont und dem neuen Inhalt entsprechend angepasst. Die Empfehlungen basieren auf dem allgemein anerkannten Stand der Arbeitsmedizin, besitzen jedoch keine Rechtsverbindlichkeit.

Die Beratung der Versicherten hat in den einzelnen Empfehlungen deutlich an Gewicht gewonnen. Dem trägt auch der um das Wort „Beratungen“ erweiterte Titel Rechnung.

Eine weitere wichtige Neuerung ist die strenge Trennung in der Darstellung von Vorsorge und Eignung. Dies hilft auch den Unternehmern und Unternehmerinnen bei der Prüfung, ob eine Rechtsgrundlage für die Durchführung der beschriebenen Vorsorgeuntersuchung beziehungsweise Eignungsbeurteilungen vorliegt. Alle Empfehlungen enthalten ein Ablaufdiagramm, das die unterschiedlichen Abläufe anschaulich darstellt.

Außerdem wird bei den DGUV Empfehlungen zukünftig auf eine Nummerierung verzichtet, sondern lediglich die Bezeichnung genannt, zum Beispiel DGUV Empfehlung „Lärm“.

### **Warum waren diese grundlegenden Änderungen notwendig?**

Spätestens mit der Novellierung der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) hat sich ein fachpolitischer Paradigmenwechsel durchgesetzt. Die individuellen Rechte und Pflichten der Versicherten stehen bei allen Maßnahmen des Betriebsarztes oder der Betriebsärztin im Vordergrund. Die meisten DGUV Empfehlungen beschäftigen sich mit arbeitsmedizinischer Vorsorge und knüpfen somit an die ArbMedVV als Rechtsgrundlage an.

### **Was ist der Hintergrund für die thematische und auch optische Trennung zwischen Vorsorge und Eignung?**

Die Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge fordert in § 3 Abs. 3 grundsätzlich eine Trennung von arbeitsmedizinischer Vorsorge und Untersuchungen, die dem Nachweis der gesundheitlichen Eignung für berufliche Anforderungen dienen. Beide sollen nicht zusammen durchgeführt werden, sofern nicht betriebliche Gründe dies erfordern.

Die arbeitsmedizinische Vorsorge dient der Verhütung beziehungsweise frühzeitigen Erkennung von arbeitsbedingten Erkrankungen einschließlich Berufskrankheiten. Eignungsbeurteilungen sollen dagegen die Frage beantworten, ob Beschäftigte mit ihren physischen und psychischen Fähigkeiten die zu erledigenden Tätigkeiten ausüben können.

Auf den dargestellten Paradigmenwechsel und die strikte Trennung zwischen Vorsorge und Eignung wird auch durch die zweigeteilte Darstellung der neuen DGUV Empfehlungen deutlich hingewiesen.

### **Welche Vorsorgeanlässe haben die DGUV Empfehlungen jetzt vorgesehen?**

Die Empfehlungen im Vorsorgeteil des Werkes sind nach Vorsorgeanlässen gegliedert und können sowohl für die Pflicht- und Angebots- als auch für die Wunschvorsorge herangezogen werden.

### **Gibt es neue Empfehlungen? Sind bisherige Grundsätze entfallen?**

Gemäß dem neuen Anlass im Anhang der ArbMedVV gibt es eine neue Empfehlung „Natürliche UV-Strahlung (Sonnenstrahlung)“. Die Empfehlung wurde entsprechend dem Angebotsvorsorgeanlass für Tätigkeiten mit intensiver Belastung durch natürliche UV-Strahlung und der seit dem 1. Januar 2015 neu in die Berufskrankheitenverordnung aufgenommenen Berufskrankheit-Nr. 5103 „Plattenepithelkarzinome oder multiple aktinische Keratosen der Haut durch natürliche UV-Strahlung“ bereits vorab veröffentlicht.

Hingegen ist der DGUV Grundsatz G 22 „Säureschäden der Zähne“ entfallen, da seit 2000 von einem niedrigen Niveau ausgehend die BK-Verdachtsanzeigen weiter deutlich zurückgegangen sind. Bei begründetem Verdacht auf beruflich bedingte Säureschäden der Zähne besteht aber weiterhin die Pflicht einer Anzeige auf Verdacht dieser Berufskrankheit mit der BK-Nr. 1312.



## „Die Beratung der Versicherten hat in den einzelnen Empfehlungen deutlich an Gewicht gewonnen.“

Dr. Florian Struwe

### **Wie passen die einzelnen Empfehlungen zum Anhang „Arbeitsmedizinische Pflicht- und Angebotsvorsorge“ der ArbMedVV?**

Die neuen Empfehlungen unterstützen die Intention des Verordnungsgebers, der die arbeitsmedizinische Vorsorge neu ausgerichtet hat, und sorgen zusammen mit den Arbeitsmedizinischen Regeln sowie den Arbeitsmedizinischen Empfehlungen des Ausschusses für Arbeitsmedizin für qualitativ hochwertige und präventiv wirksame arbeitsmedizinische Maßnahmen. Die „DGUV Empfehlungen“ orientieren sich dabei an der Gliederung des Anhangs der ArbMedVV und behandeln zunächst „Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“, danach „Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen“, dann „Tätigkeiten mit physikalischen Einwirkungen“ und schließlich „sonstige Tätigkeiten“.

### **Die Vorsorgeanlässe sind im Anhang der ArbMedVV geregelt. Wie kann der Unternehmer oder die Unternehmerin ermitteln, welche Beschäftigten eine Pflicht- oder Angebotsvorsorge erhalten?**

Arbeitgeberinnen und Arbeitgeber haben nach Maßgabe der ArbMedVV und dem Anhang der ArbMedVV Pflichtvorsorge für die Beschäftigten zu veranlassen sowie Angebotsvorsorge anzubieten. Konkret bedeutet das, eine Gefährdungsbeurteilung ist durchzuführen, in der im Ergebnis die Notwendigkeit einer Pflicht- oder Angebotsvorsorge festgehalten wird. Es gehört zu den Aufgaben der Betriebsärztinnen und Betriebsärzte, Arbeitgeberinnen und Arbeitgeber bei der Erstellung der Gefährdungsbeurteilung zu beraten. Über die Vorschriften des Anhangs der ArbMedVV hinaus haben Arbeitgebende den Beschäftigten auf ihren Wunsch hin regelmäßig arbeitsmedizinische Vorsorge nach § 11 des Arbeitsschutzgesetzes zu ermöglichen, es sei denn, auf Grund der Beurteilung der Arbeitsbedingungen und der getroffenen Schutzmaßnahmen ist nicht mit einem Gesundheitsschaden zu rechnen. Arbeitsmedizinische Regeln konkretisieren die ArbMedVV.

### **Erwarten Sie, dass die DGUV Empfehlungen eine ähnlich große Bedeutung erlangen wie die DGUV Grundsätze?**

Die Nachfrage seitens der Praxis ist sehr groß. Hervorzuheben ist, dass sie in enger Kooperation und mit Zustimmung der Sozialpartner erarbeitet und in den paritätisch besetzten Gremien der DGUV beschlossen worden sind. Dieser breite Konsens lässt erwarten, dass auch die Erstauflage der DGUV Empfehlungen in der betrieblichen Praxis große Bedeutung haben wird.

#### Info

##### **Arbeitskreise des AAMED-GUV**

Die Arbeitskreise des Ausschusses für Arbeitsmedizin der Gesetzlichen Unfallversicherung bestehen aus interdisziplinären Expertenteams. Diese setzen sich aus Arbeitsmedizinerinnen und Arbeitsmedizinern aus der betrieblichen Praxis und der Wissenschaft, Fachleuten verschiedener medizinischer und auch technischer Sachgebiete, sachverständigen Personen der Unfallversicherungsträger sowie Vertreterinnen und Vertretern der Sozialpartner zusammen.

→ [https://www.dguv.de/de/praevention/praeuv\\_gremien/arbeitsmedizin/index.jsp](https://www.dguv.de/de/praevention/praeuv_gremien/arbeitsmedizin/index.jsp) oder

→ [www.dguv.de](http://www.dguv.de) Webcode d57215



# Studie untersucht „Fume- and Smell-Events“ bei Flugpersonal

Biomonitoringstudie „FUSE II“ schafft weitere Datenbasis

*Ursache und Wirkung liegen bei gesundheitlichen Beschwerden am Arbeitsplatz häufig nah beieinander. Mit wissenschaftlichen Methoden lassen sich Zusammenhänge bei vielen Problemstellungen darstellen und auf Basis der abgeleiteten wissenschaftlichen Erkenntnisse, dort wo es notwendig ist, geeignete Schutzmaßnahmen ableiten. Aber es gibt Beschwerdebilder, die sich auch nach mehreren Jahren Forschung nicht eindeutig klären lassen. Ein Beispiel hierfür sind die sogenannten „Fume- and Smell-Events“, von denen fliegendes Personal betroffen sein kann. Die BG Verkehr beschäftigt sich seit langem mit diesen Ereignissen und versucht gemeinsam mit dem IPA Stoffe zu identifizieren, die für die Beschwerden verantwortlich sein könnten. Zu dem Themenkomplex wurde jetzt eine weitere Studie abgeschlossen*

Fliegendes Personal berichtet immer wieder von Zwischenfällen an Bord von Flugzeugen, die mit unangenehmen Gerüchen und gelegentlich auch sichtbarem Rauch verbunden sind. Diese „Fume- and Smell-Events“ gehen gelegentlich auch mit gesundheitlichen Beschwerden einher. Zu den Symptomen zählen unter anderem Erschöpfung, Müdigkeit oder Konzentrationsstörungen. Sind kurzfristig auftretende Symptome noch plausibel begründbar, so fehlt für zum Teil berichtete längerfristig vorhandene Symptome eine toxikologisch nachvollziehbare Erklärung. Die BG Verkehr nimmt diese Vorfälle sehr ernst und dokumentiert sie, obwohl sie – strenggenommen – meist nicht meldepflichtig sind. Die Berufsgenossenschaft fordert Betroffene ausdrücklich auf, sich bei Verdachtsfällen zu melden. 524 dieser „Fume- and Smell-Events“ hat sie 2019 – also noch vor der Pandemie und dem damit verbundenen Rückgang des Flugverkehrs – registriert. „Wir hatten gegenüber den Vorjahren bereits

vor dem Ausbruch von Corona einen leichten Rückgang der Zahlen festgestellt“, sagt Dr. Jörg Hedtmann, Präventionsleiter der BG Verkehr, „aber wir konzentrieren uns weiterhin darauf, Ursachen zu finden.“

## TCP als Ursache ausgeschlossen

Lange Zeit galten ausgewählte Bestandteile von Triebwerksölen als eine mögliche Ursache. So wurde vermutet, dass die Kabinenfrischluft, die als Zapfluft aus den Triebwerken stammt, dort mit Ölen verunreinigt wird. Luftproben bei den seltenen, unvorhersehbaren und nur kurz auftretenden Zwischenfällen zu nehmen, ist in der Praxis kaum umsetzbar. Daher nutzte das IPA bereits in einer ersten Studie, die vor etwa 10 Jahren unter der Bezeichnung „FUSE“ (Fume- and Smell-Event) durchgeführt wurde, die Methoden des Biomonitorings (Schindler et al. 2012). Die Idee: Wenn toxische

Stoffe in den Körper gelangen, werden sie dort umgewandelt, wieder ausgeschieden und sind im Urin nachweisbar. In „FUSE“ richtete das IPA den Fokus auf die Gruppe der Trikesylphosphate (TCP), die zu den Organophosphorverbindungen zählen. Das dazu gehörende „ortho-TCP“ war früher in Turbinen- und Hydraulikölen enthalten und ist bekanntermaßen neurotoxisch. Das IPA untersuchte in FUSE mehr als 300 Urinproben von Flugzeugcrews, die angaben, kurze Zeit vor der Probenabgabe ein „Fume- and Smell-Event“ erlebt zu haben. Erhöhte Konzentrationen von TCP konnten in den Proben nicht nachgewiesen werden. „Da wir trotz hoher Empfindlichkeit des Analysenverfahrens in keiner einzigen Urinprobe Stoffwechselprodukte des ortho-TCP nachgewiesen haben, konnten wir ortho-TCP als Ursache ausschließen“, erklärt Dr. Tobias Weiß, Studien- und Bereichsleiter Human-Biomonitoring am IPA.

Dieses Ergebnis stellte für die BG Verkehr zumindest einen Anfang dar. Bei den häufig auch in der Presse teils sehr emotional geführten Diskussionen zu „Fume- and Smell-Events“ kam damit ein wenig Licht ins Dunkel. „Das Problem bis dahin war, dass eine völlig unzureichende Datenlage herrschte“, so Dr. Hedtmann, früher selbst als Pilot und Betriebsarzt tätig, „aber jetzt konnten wir aufgrund wissenschaftlicher Ergebnisse zumindest eine Ursache weitgehend ausschließen und weitere Stoffe ins Visier nehmen.“

### „FUSE II“ untersucht 17 Verbindungen

In den Mittelpunkt der Folgestudie „FUSE II“ rückten nun die flüchtigen organischen Kohlenwasserstoffe, kurz „VOC“. Auch das in der ersten Studie untersuchte ortho-TCP wurde zur Sicherheit nochmals bei den Analysen berücksichtigt. Ergänzend wurden die analysierten Proben auch auf weitere Organophosphate untersucht, wie sie beispielsweise in Flammschutzmitteln in Flugzeugen vorkommen. Insgesamt 17 verschiedene Stoffe aus den Gruppen der „VOC“ und der Organophosphate umfasste die Liste der Stoffe, denen das IPA in dieser wissenschaftlichen Studie nachgegangen ist. Um die Frage, ob und gegebenenfalls in welcher Höhe die toxischen Stoffe in den Körper der betroffenen Beschäftigten gelangt sind, zu beantworten, wurden nicht nur Urin- sondern auch Blutproben untersucht. Dementsprechend komplex entwickelte sich das Studiendesign. „Logistisch und analytisch war das eine Mammutaufgabe“, erklärt Studienleiter Weiß, „wir hatten es mit verschiedenen Herausforderungen bei der Probenahme und dem -transport zu tun. Zudem musste die Zustimmung der Ethik-Kommission für diese hochkomplexe Studie eingeholt werden.“

Von November 2018 bis Februar 2020 konnte sich schließlich das Flugpersonal nach einem „Fume- and Smell-Event“ an insgesamt zwölf deutschen Flughäfen untersuchen lassen. Geschulte Durchgangsärzte und -ärztinnen nahmen standardisiert Proben der Beschäftigten und beantworteten mit den Betroffenen einen Fragenkatalog. Die Proben erreichten das IPA spätestens nach 48 Stunden und wurden dort direkt weiterverarbeitet. Parallel dazu wurde ein Kontrollkollektiv rekrutiert, das nicht in der Flugbranche tätig ist, und somit Vergleichswerte zum Flugpersonal liefern konnte.

### Intensive Vorbereitungsphase

Der eigentlichen Studie ging eine intensive präanalytische Phase voraus: Welche Methoden kommen bei der Untersuchung der Proben zum Einsatz? Wo und durch wen werden bei den betroffenen Beschäftigten die Proben genommen? Welche Gefäße kommen bei solch empfindlichen Nachweisverfahren zum Einsatz? Wie kann der schnelle und sichere Transport der Proben ins IPA gewährleistet werden? „Eine Studie mit einem vergleichbar hohen Aufwand haben wir vorher kaum durchgeführt“, sagt Stephan Koslitz, technischer Laborleiter im Bereich Human-Biomonitoring des IPA. Der komplette Ablauf musste standardisiert sein. So musste zum Beispiel auch gewährleistet werden, dass das ärztliche Personal an allen 12 Flughäfen dieselben Tools und Materialien nutzt und nach den gleichen Handlungsanweisungen arbeitet.

Die erste große Herausforderung stellten die verwendeten Probennahme-Gefäße dar. Da sich die nachzuweisenden Stoffe leicht verflüchtigen, mussten die Proben umgehend nach der Probennahme in gasdichte Gefäße gefüllt werden. Die Wahl fiel auf Glas, allerdings eigneten sich dazu nicht alle dazugehörigen Verschlüsse. So enthielten gummierte Kunststoff-Verschlüsse einiger gängiger Blutabnahmesysteme den Stoff „n-Hexan“ und damit exakt einen der Stoffe, der in den Proben nachgewiesen werden sollte. „Damit wäre das Ergebnis falsch-positiv beziehungsweise falsch zu hoch gewesen“, so Koslitz, „wir hätten einen Stoff nachgewiesen, der Bestandteil des Probennahme-Gefäßes war, aber nicht unbedingt aus dem Blut der untersuchten Person stammt.“

### Proben durften nicht eingefroren werden

Auch eine falsche Lagerung der Proben hätte zu einem falschen Ergebnis führen können – in diesem Fall zu einem falsch negativen oder falsch zu niedrigem Ergebnis. Proben



werden häufig tiefgefroren, um sie länger haltbar zu machen. „Allerdings zieht sich das Material der Probengefäße beim Einfrieren unterschiedlich zusammen, sodass in ungünstigen Fällen Gefäße undicht werden können. Flüchtige Probenbestandteile können dann aus der Probe entweichen und sind nicht mehr nachweisbar.“ Auf das Einfrieren vor dem Versand wurde daher verzichtet. „Mit der Auswahl der speziellen Gefäße waren die Proben aber mindestens fünf Tage lang stabil“, erklärt der Chemiker Dr. Weiß. „Da wir sie aber spätestens nach zwei Tagen im IPA erhielten und auch sofort aufbereitet haben, konnten keine Stoffe verloren gehen oder sich zersetzen.“ Eine weitere Herausforderung: Die Desinfektionsmittel für die Haut, die das ärztliche Personal bei der Blutprobenentnahme aus der Armvene verwendet. Auch hier enthielten einige Standardprodukte Stoffe aus der Gruppe der VOC, die eigentlich in den Blutproben selbst nachgewiesen werden sollten. Entsprechend mussten zunächst verschiedene Desinfektionsmittel geprüft werden, um ein geeignetes vorgeben zu können, das keine der zu analysierenden Stoffe enthält.

Nachdem schließlich in Vorversuchen die geeigneten Materialien und Protokolle für die Probennahme sowie die Versandlogistik feststanden, mussten noch das Personal der medizinischen Einrichtungen an den Flughafenstandorten entsprechend geschult werden. Rund um die Uhr musste gewährleistet sein, dass Flugpersonal mit einem „Fume- und Smell-Event“ direkt nach der Landung untersucht werden konnte. „Auch dies war keine leichte Aufgabe, denn die Ärztinnen und Ärzte der Unfallstationen arbeiten grundsätzlich an der Belastungsgrenze“, weiß Jörg Hedtmann, „mit großem, vor allem kommunikativem, Einsatz haben wir es geschafft, die Krankenhäuser ins Boot zu holen, sodass wir an insgesamt 12 deutschen Flughäfen die Teilnahme an der Studie ermöglichen konnten.“

### Insgesamt 21 Parameter wurden analysiert

Nach dem praktischen Start der Studie gab es ab und an noch Nachfragen aus den teilnehmenden medizinischen Einrichtungen – vor allem zum Versand der Proben – aber nach kurzer Zeit lief es reibungsfrei. Auch an der Schnittstelle zwischen betroffenen Crews und Notaufnahmepersonal brauchte es etwas Geduld. Innerhalb der 16-monatigen Studienlaufzeit kamen Proben von 375 Betroffenen nach einem „Fume- and Smell-Event“ im IPA an. Im Kontrollkollektiv befanden sich 86 Teilnehmende, bei denen jeweils insgesamt 17 Substanzen in Form von 21 Parametern untersucht wurden: 11 im Blut und 10 im Urin. Im Anschluss wurden die Analysenergebnisse aus

der Gruppe des betroffenen Flugpersonals denjenigen aus der Kontrollgruppe vergleichend gegenübergestellt. Das Ergebnis: Zwischen den beiden Gruppen konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. „Wir konnten wissenschaftlich nicht bestätigen, dass die Stoffe, die bisher in der Diskussion standen, die berichteten Beschwerden auszulösen, tatsächlich dafür verantwortlich sind“, erklärt Dr. Tobias Weiß die Ergebnisse. Besonders n-Hexan und Toluol standen hier bisher im Fokus, waren aber nicht auffällig. In sehr wenigen Crews fanden sich im Vergleich zur Kontrollgruppe jedoch leicht höhere Werte für die VOC n-Heptan, n-Okтан und n-Decan. „Die Tendenz war aber nur schwach ausgeprägt und trat vor allem nicht bei allen Crews, sondern nur einzelnen, sehr wenigen Crews nach einem berichteten „Fume- und Smell-Event“ auf. Interessant ist auch, dass bei denjenigen Crews, bei denen sich höhere Werte fanden, jeweils nur einer dieser Parameter erhöht war. Derzeit suchen wir noch nach der Ursache für das beobachtete Muster.“

### Größere Datenlage an wissenschaftlichen Erkenntnissen

Dr. Jörg Hedtmann von der BG Verkehr zeigt sich auf der einen Seite erleichtert. „Wenn wir von der Nadel im Heuhaufen sprechen, dann ist dieser mit dem nun vorliegenden Studienergebnis deutlich kleiner geworden. Keiner der untersuchten Stoffe zeigt in dieser Studie das Potenzial die gesuchte Nadel zu sein.“ Andererseits werden mit den Studienergebnissen natürlich auch neue Fragen aufgeworfen. „Wir werden uns die Ergebnisse jetzt sehr genau ansehen, nach den möglichen Ursachen für die unterschiedlichen Belastungen einzelner Crews suchen und analysieren, wo uns jetzt noch Informationen fehlen.“

Im vergangenen Dezember wurden die ersten Ergebnisse bei einer Tagung der Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrtmedizin (DGLRM) vorgestellt. Die Publikation der Studie ist für Sommer 2022 geplant. „Die Studie bestätigt unser bisheriges Verwaltungshandeln. Wir sind auf dem richtigen Weg“, meint Dr. Hedtmann abschließend.

---

#### Ansprechperson:

Dr. Tobias Weiß  
IPA

#### Die Autorin:

Vicki Marschall  
dreisatz



# Arbeitsmedizinisches Kolloquium der DGUV 2022 zu den neuen DGUV Empfehlungen

Im Rahmen der 62. Jahrestagung der DGAUM



Monika Zaghow

*Das Arbeitsmedizinische Kolloquium der DGUV fand auch in diesem Jahr als Online-Veranstaltung statt. Thema waren die „DGUV Empfehlungen für arbeitsmedizinische Beratungen und Untersuchungen“, die Mitte des Jahres veröffentlicht werden und die „DGUV Grundsätze für arbeitsmedizinische Untersuchungen“ ablösen.*

Die Arbeitswelt verändert sich ständig. Selten habe man das so deutlich erfahren wie in den vergangenen zwei Jahren der Pandemie, so Ulrike Scharf, Bayerische Staatsministerin für Familie, Arbeit und Soziales in ihrem Grußwort an die Teilnehmenden der Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin (DGAUM). Auf der Agenda der Jahrestagung standen die Themen „Mobiles Arbeiten“, „Möglichkeiten

und Grenzen der Epidemiologie“ und „Infektionskrankheiten“. Die DGAUM wurde 1962 gegründet und feierte anlässlich der Jahrestagung ihren 60. Geburtstag. In kurzen Videobotschaften gaben Prof. Thomas Kraus als amtierender Präsident der DGAUM und einige seiner Vorgänger im Amt einen Überblick über das Erreichte, richteten aber gleichzeitig ihren Blick auf die zukünftigen Aufgaben der Fachgesellschaft.

Das IPA präsentierte 22 Beiträge, die von der Vorstellung der Ergebnisse der Befragung der Umsetzung der Arbeitsschutzstandards während der COVID-19-Pandemie über die Auswirkungen von Schichtarbeit, die Maskenstudie bis hin zum Biomonitoring von Feuerwehreinsatzkräften reichte. Die Autorengruppe um Dr. Daniel Weber et al. erhielt für ihren Beitrag zu einem Blut-basierten Biomarker zum Nachweis von Asbest-assoziierten Erkrankungen den Preis für das beste wissenschaftliche Poster.

### Arbeitsmedizinisches Kolloquium der DGUV

Noch im Jahr 2022 sollen die „DGUV Grundsätze für arbeitsmedizinische Untersuchungen“ durch die „DGUV Empfehlungen für arbeitsmedizinische Beratungen und Untersuchungen“ ersetzt werden. Die neuen Empfehlungen sollen den Stand der Arbeitsmedizin und der Wissenschaft wiedergeben und als Basis für betriebsärztliche Beratungen und Untersuchungen dienen.

**Prof. Jürgen Büniger**, Leiter der Abteilung Kompetenz-Zentrum „Medizin“ des IPA, moderierte das Arbeitsmedizinische Kolloquium. Er begrüßte die rund 400 Zuhörenden und wies gleich zu Anfang auf die Bedeutung der neuen DGUV Empfehlungen hin.

**Dr. Florian Struwe**, von der Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM) und Leiter des Ausschusses Arbeitsmedizin der Gesetzlichen Unfallversicherung (AAMED-GUV) gab zunächst einen kurzen Abriss hinsichtlich der Entwicklung von den DGUV Grundsätzen zu den DGUV Empfehlungen. Dabei betont der neue Titel den Empfehlungscharakter und macht deutlich, dass Inhalte der Beratung der versicherten Personen in den neuen Empfehlungen deutlich an Gewicht gewonnen haben. Der AAMED-GUV hat die DGUV Empfehlungen federführend begleitet, wobei deren Inhalte von den jeweiligen Arbeitskreisen und Arbeitsgruppen des Ausschusses zusammengetragen wurden. Diese Arbeitskreise bestehen aus Expertinnen und Experten der Unfallversicherungsträger, der Fachgesellschaften, der Wissenschaft und der betriebsärztlichen Praxis. Hintergrund für die Neuentwicklung der DGUV Empfehlungen ist die zuletzt 2019 aktualisierte Arbeitsmedizinische Vorsorgeverordnung (ArbMedVV), mit der die arbeitsmedizinische Vorsorge neu ausgerichtet wurde. Diese wird in den neuen DGUV Empfehlungen berücksichtigt. Gleichzeitig bieten die DGUV Empfehlungen zusätzlich ergänzende Informationen zu den Vorsorgeanlässen unter Berücksichtigung der arbeitsmedizinischen Regeln und Empfehlungen. Im

ersten umfangreicheren Teil der DGUV Empfehlungen geht es um Fragen der arbeitsmedizinischen Vorsorge. Der 2. Teil zielt auf Eignungsbeurteilungen ab. Abschließend betonte **Dr. Struwe**, dass die Empfehlungen sich nicht nur an Betriebsärztinnen und -ärzte richten, sondern auch an die anderen Akteurinnen und Akteure im betrieblichen Arbeitsschutz wie Sicherheitsfachkräfte und Interessensvertretungen.

**Dr. Ulrike Stark**, Abteilungsleiterin Gesundheitsschutz bei der Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gastgewerbe und Leiterin des Arbeitskreises 2.3 „Berufsbedingte Gefährdung der Haut“ des AAMED-GUV, stellte die neue DGUV Empfehlung „Gefährdung der Haut“ vor. Diese gibt Anhaltspunkte für die Durchführung der arbeitsmedizinischen Vorsorge, um Erkrankungen, die durch Feuchtarbeit, irritative und sensibilisierende Stoffe oder durch physikalische Einwirkungen und Mikroorganismen entstehen können, zu verhindern oder frühzeitig zu erkennen. **Dr. Stark** stellte zunächst dar, wie sich die neue Empfehlung vom alten Grundsatz unterscheidet. Sie betonte im Rahmen ihres Vortrags, dass auch hier eine wesentlich stärkere Orientierung an der ArbMedVV erfolgt ist, als dies noch bei dem früheren Grundsatz 24 der Fall gewesen sei. Im Anschluss erläuterte sie die Krankheitsbilder der häufigsten berufsbedingten Dermatosen, die bei Beschäftigten typischerweise auftreten sowie das weitere Vorgehen, wenn bei der Vorsorge eine Hauterkrankung auffällt und stellte die arbeitsmedizinische Beratung vor. Abschließend betonte sie noch einmal, dass auch bei dieser Empfehlung der Beratungsaspekt im Vordergrund steht.

**Prof. Dr. Rolf Ellegast**, stellvertretender Direktor des Instituts für Arbeitsschutz der DGUV (IFA) stellte die DGUV Empfehlungen „Belastungen des Muskel- und Skelettsystems einschließlich Vibrationen“ vor. Eingangs berichtete er, dass arbeitsbezogene Muskel-Skelett-Erkrankungen, kurz MSE mit einem Anteil von ca. 23% die häufigste Ursache für krankheitsbedingte Arbeitsunfähigkeit in Deutschland darstellen. Deshalb ist die arbeitsmedizinische Vorsorge als Präventionsinstrument sowohl zur Vorbeugung und Früherkennung als auch zur Wiederherstellung der Arbeitsfähigkeit ein wichtiges Instrument. **Prof. Ellegast** wies darauf hin, dass die neue DGUV Empfehlung eine grundlegende Überarbeitung des bisherigen Grundsatzes G 46 „Belastungen des Muskel- und Skelettsystems einschließlich Vibrationen“ darstellt. Die neue DGUV Empfehlung erläutert zunächst Rechtsgrundlagen, Anwendungsbereiche, Pflichten und Anforderungen der arbeitsmedizinischen Vorsorge bei

Muskel-Skelett-Belastungen. Es folgen spezifische Hinweise zu körperlichen Belastungsarten, Wirkungen und Krankheitsbildern, die aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse berücksichtigen. Die neuen arbeitsmedizinischen Empfehlungen stellen damit eine passende Handlungshilfe für die Umsetzung der gerade erst überarbeiteten Arbeitsmedizinischen Regel (AMR) 13.2 „Tätigkeiten mit wesentlich erhöhten körperlichen Belastungen mit Gesundheitsgefährdungen für das Muskel-Skelett-System“ dar. Ergänzend wurde eine einfache Checkliste zur Identifizierung „wesentlich erhöhter“ Belastungen in der aktualisierten Fassung der DGUV-I-208-033 „Muskel-Skelett-Belastungen – erkennen und beurteilen“ publiziert, die bald auch mit der entsprechenden Grob-Screening-Methode der BAuA harmonisiert sein wird.

**Dr. Jens Petersen**, Leiter des Sachgebiets Arbeitsmedizin im Ressort Prävention der Verwaltungs-Berufsgenossenschaft und Leiter Arbeitskreis 1.5 „Bildschirmarbeitsplätze“ des AAMED-GUV, stellte in seinem Vortrag die DGUV Empfehlung „Tätigkeiten an Bildschirmgeräten“ vor. Gleich zu Beginn seines Vortrags betonte er die stark gestiegene Bedeutung dieser Form der Arbeit, insbesondere vor dem Hintergrund der zunehmenden mobilen Arbeit und der damit verbundenen Veränderung der Endgeräte. In der neuen DGUV Empfehlung werden Tätigkeiten und Arbeitsverfahren mit unterschiedlichen Belastungshöhen charakterisiert. Berücksichtigt werden dabei das individuelle Sehvermögen, die Ergonomie sowie die Arbeitsorganisation beziehungsweise Arbeitszeit. Nimmt der Anteil der Bildschirmarbeit einen großen Anteil der Arbeitszeit ein und lässt sich dieser kaum beeinflussen bei gleichzeitiger geringer Autonomie, dann wird dies als „höhere Belastung“ eingestuft. Gleiches gilt bei ungünstigen ergonomischen Bedingungen.

In der sich anschließenden Diskussion, wurde einmal mehr deutlich, wie wichtig insbesondere auch angesichts der veränderten gesetzlichen Regelungen die neuen DGUV Empfehlungen sind und welche Bedeutung sie für Arbeitsmedizinerinnen und Arbeitsmedizinern im Rahmen ihrer betrieblichen Tätigkeiten haben.

In seiner abschließenden Zusammenfassung, brachte **Dr. Florian Struwe** die Hoffnung zum Ausdruck, dass mit der übergreifenden Darstellung und den Beispielen der DGUV Empfehlungen ein erster Eindruck gegeben werden konnte, was Betriebsärztinnen und Betriebsärzte mit der Veröffentlichung Mitte des Jahres erwartet. Manch einer mag sich im Vorfeld gefragt haben, wie passt der staatliche Ordnungsrahmen von ArbMedVV und Arbeitsmedizinischen Regeln (AMR) mit den DGUV Empfehlungen zusammen, gibt es hier möglicherweise Widersprüche? Das dies ganz und gar nicht der Fall ist, sondern sie sich sinnvoll ergänzen, haben die Ausführungen der Referentin und Referenten gezeigt. Die DGUV liefert mit den Empfehlungen ein breites Angebot für die Praxis. Gefragt nach der Form der Veröffentlichung, antwortete **Dr. Struwe**, dass die Empfehlungen zunächst in gebundener Papierform und anschließend auch in einem digitalen Format veröffentlicht werden.

**Prof. Büniger** schloss das Arbeitsmedizinische Kolloquium mit einem Zitat aus dem Chat: „Ich freue mich jetzt schon auf die neuen DGUV Empfehlungen. Die Vorträge lassen vermuten, dass das neue Werk deutlich an Qualität gewinnen wird. Ich finde die Zusammenführung der DGUV Empfehlungen mit den Anforderungen der ArbMedVV war lange fällig. Toll, dass es jetzt klappen wird!“

---

#### Die Autorin:

Dr. Monika Zaghaw  
IPA

*Die Vorträge können unter folgender Internetadresse abgerufen werden:*

➔ [www.dguv.de](http://www.dguv.de) Webcode: d101221

#### Info

Das nächste Arbeitsmedizinische Kolloquium der DGUV findet voraussichtlich am 15. März 2023 im Rahmen der 63. Jahrestagung der DGAUM in Jena statt.



## 4. Schweißrauchkolloquium

### Minderung der Schweißrauchexposition beim MAG/MIG-Schweißen



Martin Lehnert, Anne Lotz, Dirk Pallapies, Simon Weidhaas, Wolfgang Zschiesche



Das 4. Kolloquium zum Thema „Minderung der Schweißrauchexposition beim MAG/MIG-Schweißen“ fand auf Einladung der Berufsgenossenschaft Holz und Metall Ende 2021 statt. Berichtet wurde über die Arbeitsergebnisse aus den acht Arbeitsgruppen zu Fragen rund um den Arbeitsschutz beim Schweißen. Gleichzeitig wurden die weiteren Aktivitäten der Kampagne abgestimmt. Dem 2019 gegründeten Aktionsbündnis von Industrieverbänden, Unfallversicherungsträgern, dem IPA und dem IFA, der staatlichen Gewerbeaufsicht und Forschungseinrichtungen unter dem Dach der DGUV und des Deutschen Verbands für Schweißen und verwandte Verfahren (DVS) haben sich in den letzten Monaten noch weitere Interessenvertretungen angeschlossen – darunter Industrieverbände, Gewerkschaften und der DGB. Nach dem Beitritt des Länderausschusses für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik (LASI) kooperieren nun insgesamt 19 Institutionen für eine Verbesserung des Arbeitsschutzes beim Schweißen.

#### Kommunikation verbessern

Um Gesundheitsschutz und Sicherheit beim Schweißen effektiver zu vermitteln, soll zukünftig die Kommunikation mit den Zielgruppen spezifischer gestaltet werden. Hierfür wird die Kampagne zunächst einen eingängigen Markennamen und ein Markenlogo erhalten, um einen hohen Wiedererkennungswert sicherzustellen.

#### Schweißrauchminderungsprogramm

Die Arbeiten an einem „Schweißrauchminderungsprogramm“ nach dem bekannten Vorbild des Lärmreduzierungsprogramms wurden fortgesetzt. Hierfür wird derzeit der Entwurf einer Handlungshilfe mit einer Vorlage für einen betriebsspezifischen Schweißrauchminderungsplan erarbeitet.

Das Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik (ISF) der RWTH Aachen berichtete über die Ergebnisse einer Literaturstudie zur Entstehung und Emission des Rauchs beim Schweißen. Besonders positiv wurden Berichte

über erste Projekte zur Emissionssenkung in der Praxis aufgenommen. In einem Projekt am ISF wird das Emissionsverhalten verschiedener Prozessvarianten beim Handschweißen verzinkter Bleche im Automobilbau untersucht. Vorgestellt wurde auch ein Projekt, das untersucht wie sich ein weniger reaktives Prozessgas auf die Schadstoffemission und die Nahtqualität auswirkt.

#### Schweißen sicherer machen

Wolfgang Zschiesche aus dem IPA erläuterte die Einsatzmöglichkeiten des Human-Biomonitorings beim Schweißen.

Auf erhebliches Interesse stieß auch die Vorstellung des Präventionsprogramms „5xbeter“ durch Dr. Jody Schinkel aus den Niederlanden, das sehr erfolgreich in der Metallbranche eingesetzt wird.

Im Rahmen des 5. Schweißrauchkolloquiums am 1. Juni 2022 werden die IPA-Projekte „**Protocol Schweißen**“ und die „**InterWeld-Studie**“ vorgestellt. Beim „Protocol Schweißen“ wird in enger Kooperation mit dem Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA) ein Softwaretool entwickelt, das auf einem statistischen Algorithmus basiert, mit dem die prognostische Abschätzung der Exposition im Arbeitsbereich beim MAG/MIG-Schweißen unter spezifischen Bedingungen möglich ist. Bei der InterWeld-Studie werden die Effekte von Interventionen zur Minderung der Schweißrauchexposition beim MAG/MIG-Handschweißen am Arbeitsplatz überprüft.

#### Die Autoren:

Dr. Martin Lehnert  
Anne Lotz  
Dr. Dirk Pallapies  
Dr. Simon Weidhaas  
PD Dr. Wolfgang Zschiesche  
IPA

# Für Sie gelesen

## Bestimmung von PAK-Metaboliten bei Einsatzkräften im Brandeinsatz

*Hoppe-Jones C, Griffin SC, Gulotta JJ, et al.  
Evaluation of fireground exposures using urinary PAH metabolites. J Expo Sci Environ Epidemiol. 2021; 31: 913-922. doi: 10.1038/s41370-021-00311-x*

Im Jahr 2007 stuft die internationale Krebsforschungsagentur (IARC) der Weltgesundheitsorganisation (WHO) die Tätigkeit von Feuerwehreinsatzkräften als möglicherweise krebserregend ein. Bei Brandrauch handelt es sich um eine Mischexposition. Mittels des Human-Biomonitoring kann gezielt nach Stoffwechselprodukten bestimmter Gefahrstoffe gesucht werden, die trotz persönlicher Schutzkleidung eventuell in den Körper gelangt sind.

Hoppe-Jones et al. haben in ihrer Studie die Exposition gegenüber polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) bei 242 US-amerikanischen Einsatzkräften mittels Human-Biomonitoring untersucht. PAK entstehen bei unvollständiger Verbrennung und sind somit immer im Brandrauch enthalten. Einige dieser PAK sind nachweislich krebserregend für den Menschen. Unter den Studienteilnehmenden befanden sich nicht nur Einsatzkräfte zur Brandbekämpfung, sondern auch Sanitätspersonal. Durchgeführt wurde die Studie von 2015 bis 2017 in den USA. Vor etwaigen Einsätzen gaben die 242 Einsatzkräfte Urine ab. Von 141 der Teilnehmenden (darunter drei Frauen) konnten zwei bis vier Stunden nach einem Einsatz weitere Urinproben gewonnen werden, in denen unter anderem auch 1-Hydroxypyren (1-OHP) als Leitkomponente für eine PAK-Exposition bestimmt wurde.

Insgesamt wurden 15 Brandeinsätze beprobt, darunter elf Hausbrände, ein Brand in einem Appartement und drei andere Gebäudebrände. Die Ergebnisse wurden stratifiziert nach Funktion im Einsatz ausgewertet. Im Vergleich zu Konzentrationen in den Urinproben vor dem Einsatz wurden nach dem Einsatz bei den Zugführenden eine um ca. 1,8-fach höhere Menge an 1-OHP gefunden; bei den



Maschinisten war diese ca. 1,6-fach höher, bei den Einsatzkräften im direkten Brandeinsatz um etwa den Faktor 2 und beim Rettungssanitätspersonal um etwa den Faktor 2,3. Ein ähnliches Bild zeichnete sich für die Summe der hydroxylierten PAK (Naphthole, Phenanthrole, Fluorenole, 1-OHP) ab. Zudem wurden Zusammenhänge zwischen Innenangriffen, Rauchgeruch auf der Haut und das Nichtwaschen oder Wechseln der Flammschutzhauben und erhöhten hydroxylierten PAK Werten im Urin nach einem Brand nachgewiesen. Gekennzeichnet war die Exposition durch eine hohe Variabilität. Die Autorinnen und Autoren weisen darauf hin, dass die Ergebnisse für eine notwendige zukünftige Expositionsreduktion direkt am Ort des Brandgeschehens sprechen.

Weltweit ist dies die vierte Biomonitoring-Studie bei Realbrandeinsätzen. Zwei weitere Studien wurden in Kanada durchgeführt (Caux et al., 2002; Keir et al., 2017). Zudem hat das IPA in Kooperation mit dem Institut für Arbeitsschutz und dem Fachbereich Feuerwehren, Hilfeleistungen und Brandschutz der DGUV die Biomonitoringstudie von Feuerwehreinsatzkräften bei Realbränden in Deutschland abgeschlossen (Taeger et al., 2021).

Insgesamt zeigen sich bei allen vier Studien ähnliche Erhöhungen der mittleren 1-OHP Konzentrationen nach dem Brandeinsatz. Mögliche Unterschiede bei den Gebäuden, der Innenraumausstattung, der taktischen Ausrichtung bei der Brandbekämpfung sowie der Feuerwehrausstattung haben offenbar einen untergeordneten Einfluss auf die Menge an aufgenommenem Pyren, das im Körper zu 1-OHP verstoffwechselt wird. An vielen Industriearbeitsplätzen mit PAK-Exposition ist die 1-OHP Konzentration wesentlich

höher, als die bei einem Brandeinsatz. Entsprechend ist auch das daraus resultierende Gesundheitsrisiko für Einsatzkräfte erheblich geringer als bei gewerblich PAK-exponierten Beschäftigten einzustufen. Generell ist die Möglichkeit eines individuell erhöhten Krebsrisikos durch die Brandbekämpfung nicht auszuschließen. Daher kommt der Reduzierung der Exposition durch das konsequente Tragen von persönlicher Schutzausrüstung und einer fachgerechten Einsatzstellenhygiene eine große Bedeutung zu.

Die Publikation von Hoppe-Jones et al. liefert einen wichtigen Beitrag zur Ermittlung der von den Einsatzkräften aufgenommenen Menge an Gefahrstoffen bei einem Brandeinsatz. Es ist zu wünschen, dass weltweit ähnliche Studien in Zukunft durchgeführt werden, um die Evidenzlage weiter zu verbessern.

---

**Der Autor:**

Dr. Dirk Taeger  
IPA

## Calretinin als Biomarker für Mesotheliome bestätigt

*Zupanc et al. Serum calretinin as a biomarker in malignant mesothelioma, J Clin Med 2021; 10: 4875*  
<https://doi.org/10.3390/jcm10214875>

Unter den beruflich-bedingten Erkrankungen stellen Mesotheliome weltweit eine besondere Herausforderung dar. In vielen Ländern wird nach Lösungen gesucht, um die Diagnostik und Therapie dieser bösartigen Tumoren zu verbessern. Eine frühe Diagnose könnte die Prognose von Mesotheliompatientinnen und -patienten verbessern. Zu diesem Zweck wurden zahlreiche Testverfahren entwickelt, um Biomarker zur Früherkennung von Mesotheliomen in Blutproben nachzuweisen. Die wenigsten Tests sind jedoch in unabhängigen Patientengruppen oder von unabhängigen Arbeitsgruppen bestätigt worden. Der einzige Marker, für den dies umfänglich zutrifft, war bisher das Mesothelin.

Ein Test für den Marker Calretinin wurde erstmals am IPA entwickelt und im Rahmen von Kooperationen in unterschiedlichen Patientengruppen aus Deutschland,

Frankreich, Mexiko und Australien bestätigt. Die Bestätigung durch eine unabhängige Arbeitsgruppe und mit einer unabhängigen Studiengruppe stand jedoch noch aus.

Zupanc et al. haben nun in einer umfangreichen Studie mit 549 Probanden aus Slowenien eindrucksvoll gezeigt, wie reproduzierbar die Ergebnisse mit Calretinin – und auch die Kombination mit Mesothelin – sind. Sie haben dazu 164 Patientinnen und Patienten mit Mesotheliom, 117 mit Asbestose, 195 mit Pleuraplaques und 73 beruflich asbestexponierte Personen ohne asbestassoziierte Erkrankungen untersucht. Die Marker wurden mit kommerziellen Testkits von DLD Diagnostika (Calretinin) und Fujirebio (Mesothelin) in Serumproben bestimmt.

Calretinin konnte gut zwischen Mesotheliompatienten und Probanden mit und ohne asbestassoziierten Erkrankungen unterscheiden. Bestätigt wurde auch die bereits vom IPA dokumentierten Befunde, wonach sarkomatoides Mesotheliome nicht oder sehr viel schlechter detektiert werden und dass peritoneale Mesotheliome höhere Calretinin-Konzentrationen zeigen als pleurale. Parameter wie Tumorstadium und Patientenstatus hatten keinen Einfluss auf den Marker, wohl aber das Geschlecht. So haben Frauen etwas erhöhte Konzentrationen. Calretinin erreicht in der Untersuchung von Zupanc et al. bei einer Spezifität von 97% eine Sensitivität von 52%. In Kombination mit Mesothelin erhöht sich, bei gleicher Spezifität, die Sensitivität auf 66%. Die Werte liegen etwas unter den mit australischen und deutschen Probanden publizierten Ergebnissen, wobei bei diesen aber durch das Fehlen von sarkomatoiden Mesotheliomen eine Verzerrung zu höheren Sensitivitäten vorlag.

Die unabhängige Bestätigung der Calretinin-Ergebnisse durch Zupanc et al. bestätigt den Nutzen von Biomarkern zur Diagnostik von Mesotheliomen in der Praxis, selbst wenn auch nicht prädiagnostische Proben wie in der MoMar-Studie untersucht wurden. Die DGUV bereitet derzeit mit dem „erweiterten Vorsorgeangebot Mesothel“ (EVA-Mesothel) ein Früherkennungsangebot für Mesotheliome in einer Hochrisikogruppe von Asbestexponierten, analog zum Angebot EVA-Lunge für Lungenkrebs vor. Hierbei sollen ab Herbst 2022 die Marker Calretinin und Mesothelin, zunächst in einer Pilotphase, zur Anwendung kommen.

---

**Der Autor:**

Dr. Georg Johnen  
IPA



## Wie gut schützt die 3. Impfung (Booster) vor einem schweren COVID-19-Verlauf?

*Barda N, Dagan N, Cohen C, Hernán MA, Lipsitch M, Kohane IS, Reis BY, Balicer RD. Effectiveness of a third dose of the BNT162b2 mRNA COVID-19 vaccine for preventing severe outcomes in Israel: an observational study. Lancet. 2021; S0140-6736(21)02249-2. doi: 10.1016/S0140-6736(21)02249-2*

In vielen Ländern zeigten sich bereits wenige Monate nach dem Impfstart gegen SARS-CoV-2 wieder erhöhte Infektionszahlen. Zurückgeführt wurde dies vor allem auf die Delta-Variante und die mit der Zeit nachlassende Immunität der Geimpften. Je länger die Impfung zurück lag, desto größer wurde auch die Rate der schwereren Corona-Verläufe. Es wurde deshalb empfohlen, eine dritte Dosis eines mRNA-Impfstoffs (Booster-Impfung), zu verabreichen. Israel setzte diese Empfehlung als erstes Land weltweit um.

Welchen Effekt eine solche Booster-Impfung auf die Zahl der schweren COVID-19-Verläufe, Krankenhauseinweisungen und mit COVID-19 zusammenhängenden Todesfälle hat, wurde in einer großen Beobachtungsstudie in Israel zwischen dem 30.07.21 (Start der Booster-Impfungen in Israel) und dem 23.09.21 untersucht. Um die Wirksamkeit der dritten Impfung mit Comirnaty® (Biontech/Pfizer) zu ermitteln, wurden 728.321 dreifach Geimpfte mit ebenso vielen zweifach Geimpften verglichen. In allen Fällen lag die Grundimmunisierung mit zwei Dosen Comirnaty® mindestens fünf Monaten zurück. Ausgeschlossen wurden Personen mit bekannter SARS-CoV-2-Infektion und Beschäftigte im Gesundheitsdienst. Die Vergleichsgruppen

wurden so gewählt, dass sie sich hinsichtlich wichtiger Risikofaktoren für einen schweren COVID-19-Verlauf, also in Bezug auf Geschlecht, Alter und Vorerkrankungen, gleichen. Im Mittel waren die Teilnehmenden 52 Jahre alt und zu 51% weiblich. Die Gruppe der dreifach Geimpften wurde ab dem 7. Tag nach der Drittimpfung mit der Gruppe der zweifach Geimpften verglichen.

In der Gruppe mit einer Drittimpfung hatten 17 Personen einen schweren COVID-19-Verlauf, bei den zweifach Geimpften waren es 157. Das entsprechende Risiko betrug 12,9/100.000 bei einer Dreifachimpfung und 158,9/100.000 bei einer Zweifachimpfung, was einer Wirksamkeit der Dreifachimpfung von 92% entspricht. Diese häufig angegebene relative Wirksamkeit errechnet sich aus dem Verhältnis der Risiken für einen schweren Verlauf bei dreifach beziehungsweise zweifach Geimpften. Von den dreifach geimpften Personen mussten 29 Personen aufgrund COVID-19 ins Krankenhaus. In der Gruppe der doppelt Geimpften waren es 231 (Wirksamkeit 93%). Sieben dreifach Geimpfte starben im Zusammenhang mit COVID-19, unter den zweifach Geimpften gab es 44 solcher Todesfälle (Wirksamkeit 81%). Die Wirksamkeit der dritten Dosis in Bezug auf Krankenhauseinweisung und schweren Erkrankungen unterschied sich zwischen Männern und Frauen beziehungsweise bei Menschen zwischen 40 und 69 Jahren und über 70 Jahren nicht wesentlich. In der Gesamtgruppe der unter 40-Jährigen war die Anzahl schwerer Verläufe so gering (2/288.086, beide Fälle waren zweifach geimpft), dass die Wirksamkeit der Booster-Impfung nicht abgeschätzt werden konnte.

Die Studiendaten zeigen, dass bezogen auf die zum Zeitpunkt der Untersuchungen vorherrschende Delta-Variante, der Immunschutz durch eine dritte Impfung verbessert wurde und schwere Verläufe bis hin zu COVID-19 bedingten Todesfällen in hohem Maße verhindert werden konnten. Über mögliche Komplikationen durch die Impfung oder die Abwägung von Nutzen und Risiken der Drittimpfung in verschiedenen Altersgruppen berichtet die Arbeit nicht.

Da die derzeit vorherrschende Virusvariante nicht mehr Delta, sondern Omikron ist, sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass nach allen vorliegenden Informationen, Booster-Impfungen auch bei Omikron einen hohen Schutz vor schweren Verläufen bieten.




---

### Die Autorin:

Dr. Vera van Kampen  
IPA



# Neue Publikationen aus dem IPA

- Ahearn TU, Zhang H, Michailidou K, Milne RL, Bolla MK, Dennis J, ... Brüning T, Burwinkel B, Buys SS, Canzian F, Castela JE, Chang-Claude J, ..., Pharoah PDP, Schmidt MK, García-Closas M, Chatterjee N. Common variants in breast cancer risk loci predispose to distinct tumor subtypes. *Breast Cancer Res.* 2022; 24: 2 doi: 10.1186/s13058-021-01484-x
- Bauer AK, Siegrist KJ, Wolff M, Nield L, Brüning T, Upham BL, Käfferlein HU, Plöttner S. The carcinogenic properties of overlooked yet prevalent polycyclic aromatic hydrocarbons in human lung epithelial cells. *Toxics* 2022; 10: 28 doi: 10.3390/toxics10010028
- Casjens S, Brenscheidt F, Tisch A, Beermann B, Brüning T, Behrens T, Rabstein S. Social jetlag and sleep debts are altered in different rosters of night shift work. *PLoS ONE* 2022; 17: e0262049 doi: 10.1371/journal.pone.0262049
- Hovanec J, Weiß T, Koch HM, Pesch B, Behrens T, Kendzia B, Arendt M, Dragano N, Moebus S, Schmidt B, Brüning T, Jöckel K-H. Smoking intensity and urinary nicotine metabolites by socioeconomic status in the Heinz Nixdorf Recall study. *BMC Public Health* 2022; 22: 302 doi: 10.1186/s12889-022-12609-y
- Kespohl S, Raulf M. Rußrindenerkrankung – Vorsicht bei Kontakt mit Ahornbäumen. *VKS-News* 2022; 263: 11-14
- Lemke N, Murawski A, Lange R, Weber T, Apel P, Dębiak M, Koch HM, Kolossa-Gehring M. Corrigendum to „Substitutes mimic the exposure behaviour of REACH regulated phthalates – A review of the German HBM system on the example of plasticizers“ [Int. J. Hyg. Environ. Health 236 (2021) 113780]. *Int J Hyg Environ Health* 2022; Online ahead of Print: 113920 doi: 10.1016/j.ijheh.2022.113920
- Manoochehri M, Hielscher T, Borhani N, Gerhäuser C, Fletcher O, Swerdlow AJ, Ko Y-D, Brauch H, Brüning T, Hamann U. Epigenetic quantification of circulating immune cells in peripheral blood of triple-negative breast cancer patients. *Clinical epigenetics* 2021; 13: 207 doi: 10.1186/s13148-021-01196-1
- Mavaddat N, Dorling L, Carvalho S, ..., Brüning T, Camp NJ, C..., Devilee P, Schmidt MK, Easton DF. Pathology of Tumors Associated With Pathogenic Germline Variants in 9 Breast Cancer Susceptibility Genes. *JAMA oncology* 2022; Online ahead of print doi: 10.1001/jamaoncol.2021.6744
- Merget R, van Kampen V. Should measurements of exhaled nitric oxide before and after specific inhalation testing with occupational allergens be performed? *J Allergy Clin Immunol Pract* 2022; 10: 888 doi: 10.1016/j.jaip.2021.12.011
- Miguères N, Vandenplas O, Suojalehto H, Walusiak-Skorupa J, Muñoz X, Sastre J, Merget R, Moscato G, Quirce S, Meyer N, Godet J, Blay F de. Phénotypage de l'asthme professionnel par la réalisation d'expectoration induite après test d'exposition spécifique. *Revue Française d'Allergologie* 2021; 61: 223–225 doi: 10.1016/j.reval.2021.03.003
- Mol HGJ, Elbers I, Pålme C, Bury D, Göen T, López ME, Nübler S, Vaccher V, Antignac J-P, Dvořáková D, Hajšlová J, Sakhi AK, Thomsen C, Vorkamp K, Castaño A, Koch HM. Proficiency and Interlaboratory Variability in the Determination of Phthalate and DINCH Biomarkers in Human Urine: Results from the HBM4EU Project. *Toxics* 2022; 10 doi: 10.3390/toxics10020057
- Nübler S, Schäfer M, Haji-Abbas-Zarrabi K, Marković S, Marković K, Esteban López M, Castaño A, Mol H, Koch HM, Antignac J-P, Hajslova J, Thomsen C, Vorkamp K, Göen T. Interlaboratory Comparison Investigations (ICIs) for human biomonitoring of chromium as part of the quality assurance programme under HBM4EU. *J Trace Elem Med Biol* 2022; 70: 126912 doi: 10.1016/j.jtemb.2021.126912
- Preisser AM, Koschel D, Merget R, Nowak D, Raulf M, Heidrich J. Arbeitsplatzbezogener Inhalationstest (AIT) – Specific Inhalation Challenge (SIC). *Allergologie* 2021; 44: 773–794 doi: 10.5414/ALX02280
- Ringbeck B, Bury D, Ikeda-Araki A, Ait Bamai Y, Ketema RM, Miyashita C, Brüning T, Kishi R, Koch HM. Nonylphenol exposure in 7-year-old Japanese children between 2012 and 2017- Estimation of daily intakes based on novel urinary metabolites. *Environ Int* 2022; 161: 107145 doi: 10.1016/j.envint.2022.107145
- Sander I, Kespohl S, Zahradnik E, Göcke P, Hosbach I, Herrmann BL, Brüning T, Raulf M. Quantitative measurement of IgG to SARS-CoV-2 antigens using monoclonal antibody-based enzyme-linked immunosorbent assays. *Clin & Trans Imm* 2022a; 11 doi: 10.1002/cti2.1369
- Vaccher V, Lopez ME, Castaño A, Mol H, Haji-Abbas-Zarrabi K, Bury D, Koch HM, Dvorakova D, Hajslova J, Nübler S, Kaur Sakhi A, Thomsen C, Vorkamp K, Göen T, Antignac J-P. European interlaboratory comparison investigations (ICI) and external quality assurance schemes (EQUAS) for the analysis of bisphenol A, S and F in human urine: Results from the HBM4EU project. *Environ. Res.* 2022; 210: 112933 doi: 10.1016/j.envres.2022.112933

## Info

Bei Bedarf können Kopien einzelner Sonderdrucke zur persönlichen Verwendung unter folgender Adresse angefordert werden:

IPA  
Bürkle-de-la-Camp-Platz 1  
44789 Bochum  
ipa@dguv.de

## Termine

## Arbeitsmedizinische Kolloquien 2022

Die Arbeitsmedizinischen Kolloquien, die gemeinsam mit der Akademie für medizinische Fortbildung der ÄKWL und der KVWL durchgeführt werden, finden jeweils mittwochs als Online-Veranstaltung statt. Für diese Veranstaltungen ist im Rahmen der ärztlichen Fortbildung der ÄKWL eine Zertifizierung beantragt.

### Nächster Termin

01.06.2022

SARS-CoV-2 – Einfluss verschiedener Masken auf Leistung und Empfindung

Weitere Informationen finden Sie auf den Internetseiten der ÄKWL → [www.aekwl.de](http://www.aekwl.de) und des IPA → [www.dguv.de/ipa](http://www.dguv.de/ipa).

## Arbeitsmedizin

Die komplette Kursreihe „Arbeitsmedizin“ kann innerhalb von zwölf Monaten in Bochum absolviert werden.

Die Kurse sind Bestandteil zur Erlangung der Gebietsbezeichnung „Arbeitsmedizin“ und der Zusatzbezeichnung „Betriebsmedizin“ gemäß Weiterbildungsordnung der ÄKWL. Die Kurse sind zudem gemäß Kursbuch „Arbeitsmedizin“ der Bundesärztekammer ausgerichtet und mit 84 Punkten pro Abschnitt (Kategorie K) zertifiziert. Die Kurse stehen unter der Gesamtleitung des Institutsdirektors Prof. Dr. Thomas Brüning, Kursleitung Savo Neumann.

**Ort:** Bochum, IPA, Bürkle-de-la-Camp-Platz 1. Die Kurse finden aktuell aufgrund der SARS-CoV-2-Pandemie als Livestream über die elektronische Lernplattform „Ilias“ statt. Informationen unter Tel. 0251/929-2209 oder Fax 0251/929-2249.

**Schriftliche Anmeldung erforderlich an:** Akademie für medizinische Fortbildung der ÄKWL und der KVWL, Postfach 4067, 48022 Münster, E-Mail: [akademie@aekwl.de](mailto:akademie@aekwl.de). Nutzen Sie den Online-Fortbildungskatalog, um sich für die Veranstaltungen anzumelden: → [www.aekwl.de](http://www.aekwl.de)

Block A	Block B	Block C
<b>Modul I</b> 22.08.–26.08.2022 <i>Online</i> 29.08.–31.08.2022 <i>E-Learning</i>	<b>Modul III</b> 17.10.–21.10.2022 <i>Online</i> 24.10.–26.10.2022 <i>E-Learning</i>	<b>Modul V</b> 09.01.–13.01.2023  16.01.–18.01.2023
<b>Modul II</b> 19.09.–23.09.2022 <i>Online</i> 26.09.–28.09.2022 <i>E-Learning</i>	<b>Modul IV</b> 21.11.–25.11.2022 <i>Online</i> 28.11.–30.11.2022 <i>E-Learning</i>	<b>Modul VI</b> 06.02.–10.02.2023  13.02.–15.02.2023

## 6. Symposium für Gefahrstoffe am Arbeitsplatz

11. und 12. Mai, Dresden

Die AG Analytik der DGUV und die AG „Luftanalysen“ der Ständigen Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft führen gemeinsam das Symposium „Gefahrstoffe am Arbeitsplatz: Probenahme – Analytik – Beurteilung“ durch. Hier können sich Expertinnen und Experten zu Fragen aus der Praxis und neuen Entwicklungen zur Probenahme und Analytik sowie der Bewertung der Ergebnisse austauschen. Weiterführende Informationen: → <https://www.bgrci.de/veranstaltungen/tagungen/6-symposium-gefahrstoffe-am-arbeitsplatz>

## Allergie im Fokus

13. und 14. Mai 2022, Berlin

„Umwelt, Arbeitsplatz, Klimawandel, Expositionen und Lebensstil – Einfluss auf allergische Erkrankungen“ ist das Thema der Veranstaltung „Allergie im Fokus“. Expertinnen und Experten aus den verschiedenen Gebieten werden über Themen von Luftschadstoffen über Vektorübertragene Erkrankungen bis hin zur Bedeutung mikrobieller Diversität und epithelialer Barrieren auf allergische Erkrankungen referieren. Die Veranstaltung wird gemeinsam von der Sektion Umwelt- und Arbeitsmedizin der Deutschen Gesellschaft für Allergie und Klinische Immunologie und der wissenschaftlichen Arbeitsgemeinschaft „Umweltmedizin“ sowie der Gesellschaft für Pädiatrische Allergologie organisiert. Zur Veranstaltung: → <https://dga-ki.de/allergieakademie/allergieimfokus/veranstaltung-1/>

**Institut für Prävention und Arbeitsmedizin  
der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung**  
Institut der Ruhr-Universität Bochum (IPA)

Bürkle-de-la-Camp-Platz 1  
44789 Bochum

**Telefon:** +49 (0)30 / 13001-4000  
**Fax:** +49 (0)30 / 13001-4003

**E-Mail:** [ipa@dguv.de](mailto:ipa@dguv.de)  
**Internet:** [www.dguv.de/ipa](http://www.dguv.de/ipa)