

# IPA JOURNAL

02/2022

## ... ❖ Auswirkungen des Klimawandels auf die Arbeitswelt

Interview

- ... ❖ **Psychische Beanspruchung**  
durch die SARS-CoV-2-Pandemie
- ... ❖ **Toxische Wirkungen von Partikeln**  
Einfluss verschiedener Partikeleigenschaften



---

**Internet:** [www.dguv.de/ipa](http://www.dguv.de/ipa)  
**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

Die Auswirkungen steigender Temperaturen infolge des Klimawandels werden uns immer häufiger drastisch vor Augen geführt. Sie betreffen mittlerweile alle Lebensbereiche. Der Klimawandel stellt daher auch an die Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit besondere Herausforderungen. Die Folgen für die Arbeitswelt zeigen sich unter anderem im aktuellen Bericht der International Labour Organization (ILO) zu den Auswirkungen von Hitzestress. Alleine durch den Hitzestress wird ein weltweiter Ausfall der Gesamtarbeitszeit von mehr als 2 Prozent pro Jahr prognostiziert. Den entsprechenden finanziellen Verlust schätzt die ILO auf 2.400 Milliarden US-Dollar bis zum Jahr 2030.

Der Klimawandel betrifft letztlich auch alle Versicherten der gesetzlichen Unfallversicherung. Für Prävention und Arbeitsmedizin stehen die gesundheitlichen Auswirkungen durch Hitzestress, UV-Strahlung, Allergene, neu auftretende Infektionserreger, erhöhte Pestizid- und Chemikalienbelastung, Brandbekämpfung sowie zunehmender psychischer Belastungen im Fokus.

Die steigende UV-Belastung und der Hitzestress betreffen vorwiegend sogenannte Outdoor-Worker – also insbesondere Beschäftigte im Bau-Bereich, in der Land- und Forstwirtschaft oder in Gartenbaubetrieben. Verlängerte Vegetationsperioden mit verstärktem und frühzeitig einsetzendem Pollenflug in Folge steigender Temperaturen können die Gesundheit vieler Menschen belasten und Auslöser für Rhinitis, Asthma sowie akute Atemwegserkrankungen sein.

Damit unter den Bedingungen des Klimawandels Arbeiten jetzt und in Zukunft sicher und gesund möglich ist, müssen vielfach maßgeschneiderte Lösungen gefunden werden. Dafür sind oft neue wissenschaftliche Erkenntnisse notwendig, die nur durch Forschung generiert werden können.



In diesem Kontext sprechen wir im Interview mit Prof. Thomas Alexander von der BAuA und Prof. Manigé Fartasch aus dem IPA über die Folgen des Klimawandels unter besonderer Berücksichtigung der Auswirkungen der solaren UV-Strahlung auf den Anstieg der Hautkrebsrate. „Dass es keine gesunde Bräune gibt“ und „Sonnenschutz cool werden muss“ sind Kernaussagen zur Sensibilisierung von Beschäftigten für das Thema Sonnenschutz (→ Seite 42).

Im IPA erforschen wir in diesem Zusammenhang mittels Human-Biomonitoring die Verstoffwechslung der in Sonnencremes enthaltenen UV-Filter beim Menschen. Ab → Seite 36 erfahren Sie den aktuellen Stand der Forschung der hierzu von uns neu entwickelten Biomarker.

Der Klimawandel als eine der globalen Herausforderungen macht es notwendig, dass Wissenschaft und Praxis sich noch stärker miteinander vernetzen, um gemeinsam Lösungsstrategien zu entwickeln. Hier engagiert sich das IPA bei der Förderung des wissenschaftlichen Austauschs, wie zum Beispiel mit der Veranstaltungsreihe „Allergie im Fokus“ zum Thema Umwelt, Klimawandel, Exposition und deren Einfluss auf allergische Erkrankungen (→ Seite 40).

Der Klimawandel ist nicht ein Problem der Zukunft, sondern die Folgen beeinflussen bereits jetzt unser Leben erkennbar. Dies motiviert uns, auch hier mit unserer breit aufgestellten Forschungsexpertise die Unfallversicherungsträger zu beraten und zu unterstützen, damit die Menschen auch unter veränderten Bedingungen 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 Wiethege,  
Dr. Monika Zaghaw (Redaktionsleitung)

**Titelbild:** Sculpies/stock.adobe.com

**Bildnachweis:** S. 3: André Stephan/Morsey & Stephan;  
S. 6: Bernd Naurath, IPA; S. 7: Benjamin B. Stöß/stock.  
adobe.com; S. 8 Sven Grundmann/stock.adobe.com;  
S. 10: M&R Fotografie/stock.adobe.com; S. 14: artur/  
stock.adobe.com; S. 19: Nemanja Mandic/stock.adobe.  
com; S. 20: Jens Nieth, DGUV; S. 24: Gorodenkoff/stock.  
adobe.com; S. 29: Jevgen Chabanov/stock.adobe.com;  
S. 30: Volker Wiciok/ Lichtblick; S. 31: industrieblick/  
stock.adobe.com; S. 32: Dmitry Volochek/stock.adobe.  
com; S. 36: John Smith/stock.adobe.com; S. 37: punsa-  
yaporn/stock.adobe.com; S. 38: Sculpies/stock.adobe.  
com; S. 40: bioraven/stock.adobe.com; S. 41: DGAKI;  
S. 42: jozsitoeroe/stock.adobe.com; S. 43: Volker Wiciok/  
Lichtblick; S. 43: S. Wisbar/BAuA; S. 45: Bernd Naurath/  
IPA; S. 47: ©lucastor/stock.adobe.com; S. 50: mi\_viri/  
stock.adobe.com

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

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

**ISSN:** 1612-9857

**ISSN (Online):** 2751-3246

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



Allergieentwicklung beim Umgang mit Labortieren  
 ↳ Seite 24



UV-Filter in Sonnenschutzmitteln. Neuentwickelte Biomarker für die Expositionsabschätzung  
 ↳ Seite 36



Untersuchung zur Expositionsreduktion an Schweißarbeitsplätzen  
 ↳ Seite 47

Editorial .....	3
Meldungen .....	6
<b>Arbeitsmedizinischer Fall</b>	
Prostatakrebs in Folge beruflicher Tätigkeit im Feuerwehrdienst? .....	8
<b>Aus der Forschung</b>	
Quantitative Bestimmung von Antikörpern gegen das Coronavirus (SARS-CoV-2) .....	14
Psychische Beanspruchung durch die SARS-CoV-2-Pandemie .....	20
Längsschnittstudie zur Allergieentwicklung beim Umgang mit Labortieren im Rahmen der Ausbildung zur biologischen Laborfachkraft .....	24
Toxische Wirkung von arbeitsmedizinisch relevanten Partikeln .....	32
Sonnenschutz: Human-Biomonitoring für UV-Filter .....	36
<b>Für Sie gelesen .....</b>	<b>19, 31</b>
<b>Interview</b>	
Der Klimawandel und seine Auswirkungen auf Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit .....	42
<b>Aus der Praxis</b>	
Mit individuellen Präventionspaketen zum Erfolg .....	47
<b>Kongresse</b>	
Allergie und Klimawandel im Fokus .....	40
Pneumologie – Entwicklung und Fortschritt .....	50
<b>Neue Publikationen aus dem IPA .....</b>	<b>52</b>
<b>Termine .....</b>	<b>54</b>

## Meldungen



## IPA an neuem Projekt der EU zur Risikobewertung von Chemikalien beteiligt

Neue Wege bei der Bewertung von chemischen Stoffen geht die „PARC“-Initiative der Europäischen Union (EU). „PARC“ steht für „European Partnership for the Assessment of Risks from Chemicals“. Die wesentlichen Ziele von PARC sind bei der Risikobewertung von Chemikalien die europäische Zusammenarbeit zu fördern, die Forschung zu intensivieren, das Wissen um die gesundheitlichen Risiken von Chemikalien zu erweitern und die entsprechenden methodischen Fertigkeiten zu schulen, um so die Gesundheit der Menschen und die Umwelt besser zu schützen. Das Programm hat ein Fördervolumen von insgesamt 400 Millionen Euro für die nächsten sieben Jahre. Da die Aufgaben sehr umfangreich und die Ziele ehrgeizig sind, wurde das Projekt in verschiedene Arbeitspakete unterteilt.

Das IPA arbeitet in den Arbeitspaketen „Labornetzwerke“, „Ausbau von Biomonitoring-Kapazitäten“ und „Laboranalyse und Qualitätssicherung“ mit. Aufgrund seiner toxikologischen Kompetenzen beteiligt sich das IPA auch an der Ableitung von human-biomonitoring basierten Richtwerten, den sogenannten HBM-guidance values (HBM-GV) und an der Entwicklung von Konzepten zur Erfassung und Beurteilung von Mischexpositionen.

Das IPA hat bereits in den Vorläuferprojekten „European Human Biomonitoring Initiative“ (HBM4EU) und „Consortium to Perform Human biomonitoring on a European Scale“ (COPHES) seine Expertise eingebracht. Hierbei baute es die zentrale Qualitätssicherung in diesen Projekten mit auf, entwickelte passendes Kontrollmaterial und organisierte Ringversuche unter Beteiligung von insgesamt 80 weltweit teilnehmenden Laboren aus 28 Ländern.

Für die Aktivitäten des IPA wurden im Rahmen von PARC bereits rund 1,3 Millionen Euro Fördermittel bewilligt. Für die geplanten Analysen auf Schadstoffbelastungen der europaweit gesammelten Proben sind weitere Mittel vorgesehen.

## Forschungsbericht Berufskrankheiten

Im Zusammenhang mit der Weiterentwicklung des Berufskrankheitenrechts stellen die DGUV und die Unfallversicherungsträger in einem jährlichen Bericht ihre Forschung im Bereich Berufskrankheiten dar. Durch den Bericht soll der Stellenwert der Forschung über Berufskrankheiten betont sowie die Transparenz der Forschung und der Forschungsförderung durch die gesetzliche Unfallversicherung erhöht werden. Für die Jahre 2020 und 2021 wurden jetzt die ersten Berichte veröffentlicht. Darin werden für das Jahr 2020 126 Projekte und für das Jahr 2021 insgesamt 141 Projekte vorgestellt. Enthalten sind dabei auch zahlreiche Projekte aus dem IPA, die sich mit Forschungsthemen zu verschiedenen Berufskrankheiten und auch deren Prävention beschäftigen. Die ausführlichen Berichte können im Internet unter <https://publikationen.dguv.de/versicherungleistungen/berufskrankheiten/> abgerufen werden.

## Aktualisierter Berufskrankheiten-Report 1/2022 „BaP-Jahre“ erschienen

Schleimhautveränderungen, Krebs oder andere Neubildungen der Harnwege sowie Lungenkrebs- und Kehlkopfkrebs, verursacht durch die arbeitsbedingte Einwirkung Polyzyklischer Aromatischer Kohlenwasserstoffe (PAK), können als Berufskrankheiten (BK-Nr. 1321, 4110, 4113 und 4114) anerkannt werden. In den Ermittlungsverfahren zu diesen sogenannten Dosis-Berufskrankheiten müssen im Rahmen der Arbeitsanamnese teils lang zurückliegende Expositionen ermittelt werden und in Form einer kumulativen, auf die PAK-Leitkomponente Benzo[a]pyren (BaP) bezogene Dosis in Form sogenannten BaP-Jahre angegeben werden. Ein BaP-Jahr entspricht dabei der inhalativen Einwirkung von  $1 \mu\text{g}$  BaP pro  $\text{m}^3$  über ein Jahr. In der nunmehr vorliegenden 3. Auflage des BK-Reports werden quantitative Informationen zur Ermittlung der Benzo[a]pyren-Dosis an nicht mehr vorhandenen Arbeitsplätzen gegeben. Die aufgeführten Expositionsdaten stammen überwiegend aus der Expositionsdatenbank MEGA des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA). Die in diesem BK-Report zusammengestellten Hinweise sollen das Feststellungsverfahren beschleunigen und eine einheitliche Beurteilungspraxis sicherstellen. An der Überarbeitung waren zahlreiche Expertinnen und Experten verschiedener Unfallversicherungsträger, des IFA und auch des IPA beteiligt.

→ <https://publikationen.dguv.de/versicherungleistungen/berufskrankheiten/4519/bk-report-1/2022-ermittlung-der-benzo-a-pyren-dosis-bap-jahre>



## Berufliche Exposition als Feuerwehreinsatzkraft als krebserzeugend eingestuft

Die internationale Krebsforschungsagentur (IARC) der Weltgesundheitsorganisation (WHO) hat in einer Neubewertung die berufliche Exposition als Feuerwehreinsatzkraft als krebserzeugend eingestuft (Kategorie 1) (Demers et al. 2022). Grundlage dafür ist die aus Sicht der IARC ausreichende hohe Evidenz für den Zusammenhang zwischen der Exposition, denen die Feuerwehreinsatzkräfte ausgesetzt sind und dem Vorliegen von Mesotheliomen und Blasenkarzinomen. Begrenzte Evidenz liegt für Kolon-, Prostata- und Hoden-Karzinome sowie für Melanome und Non-Hodgkin-Lymphome vor. Im Jahr 2007 hatte die IARC die Arbeit der Feuerwehreinsatzkraft noch als möglicherweise krebserzeugend (Kategorie 2B) eingestuft. Die Neubewertung trägt damit der verbesserten Studienlage der letzten 15 Jahre Rechnung.

Demers PA, DeMarini DM, Fent KW, et al. Carcinogenicity of occupational exposure as a firefighter, *Lancet Oncol*, 2022; Online ahead of print DOI: 10.1016/S1470-2045(22)00390-4



# Prostatakrebs in Folge beruflicher Tätigkeit im Feuerwehrdienst?

Herausforderungen am Beispiel einer gutachterlichen Einzelfall-Bewertung



Christian Eisenhauer, Dirk Pallapies,  
Thomas Behrens, Dirk Taeger,  
Heiko U. Käfferlein, Thomas Brüning

*Über die Ursachen der Entstehung des Prostatakrebs ist wenig bekannt. Neben genetischen Faktoren gilt das Alter als eindeutiger Risikofaktor. Mögliche Zusammenhänge zwischen beruflichen Einwirkungen und dem Prostatakrebs sind im Einzelfall unter Berücksichtigung der aktuellen wissenschaftlichen Literatur und der verfügbaren belastbaren epidemiologischen Daten gutachterlich zu beurteilen.*

## Rechtliche Grundlagen und Fragestellung

Im Sozialgesetzbuch VII wird gefordert, dass Erkrankungen im Sinne einer Berufskrankheit nach gesicherten medizinischen Erkenntnissen durch besondere Einwirkungen verursacht sein müssen, denen bestimmte Personengruppen aufgrund ihrer versicherten Tätigkeit in

erheblich höherem Grad ausgesetzt sind als die übrige Bevölkerung (§ 9 Absatz 1 Satz 2 SGB VII). Grundsätzliche Voraussetzung für jede Berufskrankheit ist die auf medizinisch-wissenschaftlicher Grundlage gewonnene Erkenntnis über die Eignung eines bestimmten Gefahrstoffs oder einer Einwirkung, eine bestimmte Erkrankung zu verursachen (generelle Geeignetheit).



**Kurz gefasst**

Die Ätiologie des Prostatakrebs ist – mit Ausnahme von Alter und genetischen Faktoren – weitgehend ungeklärt.

Beschäftigte im Feuerwehrdienst können im Rahmen von Brandeinsätzen gegenüber verschiedenen potentiell kanzerogenen Gefahrstoffen exponiert sein.

Es liegen derzeit keine ausreichenden wissenschaftlichen Erkenntnisse vor, die einen ursächlichen Zusammenhang der Tätigkeit im Feuerwehrdienst und der Erkrankung an einem Prostatakrebs begründen können.

Im Einzelfall ist nach einer gründlichen retrospektiven Ermittlung der Einwirkungen zu prüfen, ob diese im Rahmen der versicherten Tätigkeit die vorliegende Krankheit verursacht haben. Man spricht hier von der sogenannten haftungsbegründenden Kausalität. Dieser Ursachenzusammenhang muss hinreichend wahrscheinlich sein. Um eine hinreichende Wahrscheinlichkeit des ursächlichen Zusammenhangs zu bejahen, „muss sich unter Würdigung des Beweisergebnisses ein solcher Grad von Wahrscheinlichkeit ergeben, dass ernste Zweifel hinsichtlich einer anderen Möglichkeit ausscheiden und deutlich mehr für als gegen einen ursächlichen Zusammenhang spricht“ (BSG 2001, 2006). Außerdem haben die Unfallversicherungsträger nach § 9 Absatz 2 SGB VII eine Krankheit, die nicht in der Rechtsverordnung bezeichnet ist oder bei der die dort bestimmten Voraussetzungen nicht vorliegen, wie eine Berufskrankheit als Versicherungsfall anzuerkennen, sofern zum Zeitpunkt der Entscheidung nach neuen Erkenntnissen der medizinischen Wissenschaft die Voraussetzungen für eine Bezeichnung nach § 9 Absatz 1 Satz 2 erfüllt sind.

In der Anlage 1 der Berufskrankheitenverordnung sind Erkrankungen aufgenommen, für die hinreichende wissenschaftliche Erkenntnisse für einen Zusammenhang der Erkrankung und einer ursächlichen beruflichen Einwirkung vorliegen. Prostatakrebs gehört bislang nicht zu den Erkrankungen, die in dieser Anlage als organspezifische Berufskrankheit verzeichnet sind. Im Zusammenhang mit einer beruflichen Tätigkeit im Feuerwehrdienst wurden bislang Erkrankungen an Prostatakrebs auch nicht „wie eine Berufskrankheit“ nach § 9 Absatz 2 SGB VII anerkannt.

In dem im IPA begutachteten Fall war zu beurteilen, ob neue wissenschaftliche Erkenntnisse vorliegen, die begründen, dass der bei einem Versicherten diagnostizierte Prostatakrebs durch die spezifischen beruflichen Expositionen und Einwirkungen im Rahmen einer mehr als drei Jahrzehnte langen Tätigkeit im Feuerwehrdienst ursächlich oder zumindest teilursächlich verursacht wurde.

**Berufliche Sachlage**

In dem vorliegenden Fall war eine bis zur Diagnose der Tumorerkrankung mehr als drei Jahrzehnte lange Tätigkeit bei der freiwilligen Feuerwehr mit zahlreichen Brandeinsätzen und eine hiermit verbundene Tätigkeit in Nachtarbeit zu berücksichtigen.

**Medizinische Sachlage**

Über die Ätiologie des Prostatakrebs ist wenig bekannt (Blanc-Lapierre et al. 2018). Neben genetischen Faktoren gilt das Alter als eindeutiger Risikofaktor. In vielen Fällen bleibt die Ätiologie aber unklar.

Bei dem Versicherten wurde im Jahr 2011 im Alter von 50 Jahren ein Adenokarzinom der Prostata im Tumorstadium T2N0 im Rahmen eines „Prostata-spezifischen Antigen“ (PSA)-Screenings diagnostiziert. Therapeutisch erfolgte sowohl eine komplette Entfernung der Prostata wie auch der Beckenlymphknoten. Aufgrund des vergleichsweise jungen Erkrankungsalters wurde eine Tumorgenomsequenzierung mit Keimbahndiagnostik veranlasst. Hinweise auf eine genetische Prädisposition für die Tumorerkrankung ergaben sich nicht. Der Versicherte war Nieraucher.

**Zu beurteilende berufliche und individuelle Risikofaktoren**

In dem vorliegenden Fall werden ein frühes Erkrankungsalter und fehlende Hinweise für eine genetische Prädisposition als Indiz für eine exogene Genese diskutiert. In diesem Kontext sind die beruflichen Gefahrstoffexpositionen durch polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Cadmium, Dioxin und Benzol während einer mehr als drei Jahrzehnte langen Tätigkeit im Feuerwehrdienst sowie die mit der Tätigkeit verbundene Schichtarbeit (als Kofaktor) als ursächlich für den vorliegenden Prostatakrebs gutachterlich zu bewerten.

Ein frühes Erkrankungsalter kann bei vielen Krebserkrankungen grundsätzlich auf besondere Erkrankungs-umstände hinweisen, wobei berufliche neben außerberuflichen Risiken als einer von vielen Faktoren diskutiert werden. Ein frühes Erkrankungsalter allein erlaubt daher nicht zwangsläufig den Rückschluss auf eine berufliche Genese einer Erkrankung. Bezogen auf Prostatakrebs ist nach der wissenschaftlichen Literatur ein Erkrankungsalter von 50 Jahren zwar niedrig, aber nicht außergewöhnlich (Krebs in Deutschland 2021). Einzelne pathogenetische Varianten im genetischen Material als Hinweis für eine mögliche familiäre Prädisposition konnten nach der aktuellen Literatur nur in wenigen Fällen identifiziert werden. In den weitaus meisten Fällen waren genetische Risikofaktoren dagegen nicht zu eruieren.

Das vorliegende Erkrankungsalter und die fehlende familiäre Disposition stellen somit in dem vorliegenden Fall kein entscheidungsrelevantes Argument für eine vermutete berufliche Verursachung dar.

### Epidemiologische und toxikologische Bewertung beruflicher Risiken für Feuerwehreinsatzkräfte

Die internationale Krebsforschungsagentur (IARC) der Weltgesundheitsorganisation (WHO) stuft im Jahr 2007 die berufliche Exposition als Feuerwehreinsatzkraft als möglicherweise krebserzeugend für den Menschen (Kategorie 2B) ein (Straif et al. 2007, IARC 2010). Die Einstufung wurde aktuell durch die IARC neu bewertet und insbesondere hinsichtlich ausgewählter Krebserkrankungen präzisiert (Demers et al. 2022). So stuft die IARC die berufliche Exposition als Feuerwehreinsatzkraft nun als krebserregend in die Kategorie 1 ein. Die IARC kommt dabei in ihrer aktuellen Neubewertung der Krebsrisiken im Feuerwehrdienst unter Einbeziehung von 52 Kohorten- und Fall-Kontroll-Studien sowie zwölf Fallberichten und sieben Metaanalysen zu dem Schluss, dass eine ausreichende epidemiologische Evidenz („sufficient evidence“) für Mesotheliome und Blasenkrebs vorliegt. Für Kolon-, Prostata- und Hodenkrebs sowie für Melanome und Non-Hodgkin-Lymphome liegt jedoch weiterhin nur eine begrenzte Evidenz („limited evidence“) vor. In Bezug auf Prostatakrebs wurden u.a. mögliche Verzerrungen der Ergebnisse durch medizinische Screening-Untersuchungen sowie außerberufliche/persönliche Lebensstileinflüsse diskutiert. Insgesamt lässt sich daher auch aus der aktualisierten Bewertung der IARC kein anerkannter kausaler Zusammenhang zwischen Prostatakrebs und einer Tätigkeit im Feuerwehrdienst ableiten.



Die bisherige Beurteilung der IARC für Prostatakrebs hat in einer Metaanalyse ein um 30 % erhöhtes Risiko für Feuerwehreinsatzkräfte gegenüber Nicht-Einsatzkräften beschrieben (IARC, 2010). In den 16 Studien, die dieser Metaanalyse zugrunde liegen, werden konkurrierende berufliche und außerberufliche Risikofaktoren jenseits des Feuerwehrdienstes allerdings nur unvollständig oder gar nicht berücksichtigt. Eine neuere Metaanalyse beschrieb ein leicht erhöhtes Erkrankungsrisiko von 15 % (Jalilian et al. 2019). In dieser Metaanalyse wurden jedoch nicht alle zum Zeitpunkt der Erstellung verfügbaren Studien eingeschlossen. Die bis dato aktuellste Metaanalyse, die 2021 vom IPA durchgeführt wurde, bewertet die Ergebnisse von insgesamt 46 epidemiologischen Studien zu Krebsrisiken bei Feuerwehreinsatzkräften und fand kein erhöhtes generelles Krebsrisiko für Feuerwehreinsatzkräfte im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung (Casjens et al. 2021). Jedoch zeigten sich bei einzelnen Krebsentitäten Risikoerhöhungen um 30 bis 50 %, wie zum Beispiel für das maligne Melanom der Haut, Schilddrüsenkrebs und das maligne Mesotheliom. Das Neuerkrankungsrisiko aus Kohortenstudien bei Feuerwehreinsatzkräften für Prostatakrebs war im Vergleich dazu um lediglich 10 % und nicht statistisch signifikant erhöht. Für Fall-Kontroll-Studien ergab sich ein höheres Risiko von 36 %. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Kohortenstudien im Vergleich zu Fall-Kontroll-Studien besser geeignet sind, Risiken abzuschätzen, da sie weniger anfällig für Störfaktoren sind. Ein besonderes Problem bei Fall-Kontroll-Studien ist der Selektionsbias, also die inadäquate Auswahl und Zusammensetzung der Kontrollgruppe. Insofern sind die ermittelten niedrigeren Risiken für Prostatakrebs in den eingeschlossenen Kohortenstudien als valider anzusehen.

## Bewertung von Schadstoffexpositionen im Feuerwehrdienst

Beschäftigte im Feuerwehrdienst können im Rahmen von Brandeinsätzen gegenüber verschiedenen potentiell kanzerogenen Gefahrstoffen, im Wesentlichen gegenüber polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK), Cadmium, Dioxin und Benzol, exponiert sein. Dieses wurde vom IPA im Rahmen der Begutachtung auf Basis der aktuellen Literatur systematisch evaluiert.

Für berufliche Expositionen gegenüber **PAK** zeigt die Literatur für hochexponierte Personengruppen wie zum Beispiel Kokereibeschäftigte zum Teil deutlich erhöhte Risiken, an Lungen- und Harnblasentumoren zu erkranken. Für Prostatakrebs ergaben sich mit Ausnahme einzelner Studien (Costantino et al. 1995) jedoch keine konsistenten Hinweise für ein gehäuftes Auftreten (Krech et al. 2016, Boers et al. 2005, Golka et al. 2004, Krstev et al. 1998, Tolbert 1997). Zudem ist das Ausmaß einer PAK-Exposition bei Feuerwehreinsatzkräften deutlich niedriger einzuschätzen als bei den vorgenannten hochexponierten Personengruppen.

Für **Cadmium**-Exponierte liegt eine Übersichtsarbeit vor, die sich mit dem Zusammenhang zwischen Cadmiumexpositionen und dem möglichen Auftreten von Prostatakrebs beschäftigt (Sahmoun et al. 2005). Von elf Kohortenstudien wiesen lediglich drei einen positiven Zusammenhang auf. Insgesamt ergab sich ein leichtes und statistisch nicht gesichertes erhöhtes Risiko um 26 % (SMR 1,26; 95 % Konfidenzintervall 0,83–1,84). Auch hier folgern die Autoren auf Basis der vorhandenen wissenschaftlichen Erkenntnisse, dass die epidemiologischen Studien keinen überzeugenden Zusammenhang zwischen einer Cadmiumexposition und Prostatakrebs aufzeigen.

**Dioxin** konnte in jüngeren Metaanalysen ebenfalls nicht als Risikofaktor für Prostatakrebs identifiziert werden, es fand sich aber ein erhöhtes Krebsrisiko insbesondere für Non-Hodgkin-Lymphome bei hochexponierten Personengruppen (Xu et al. 2016, Chang et al. 2014).

Inkonsistente und damit auf Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse wenig gesicherte Zusammenhänge wurden auch für Expositionen gegenüber **Benzol** gefunden. Lediglich in einer Studie konnte ein positiver Zusammenhang zwischen einer Benzolexposition und nur einem bestimmten Differenzierungsgrad, dem sogenannten Low-Grade Prostatakrebs festgestellt werden (Blanc-Lapierre et al. 2018). Diese Ergebnisse stehen im

Widerspruch zu anderen vorausgegangen Studien, in denen keine Zusammenhänge zwischen einer Benzolexposition und Prostatakrebs beobachtet werden konnten. Zudem wurde die biologische Plausibilität der isolierten Risikoerhöhung ausschließlich für diesen Differenzierungsgrad von den Autoren selbst kritisch hinterfragt (Krishnadasan et al. 2007, Gun et al. 2006, Lundberg und Milatou-Smith 1998, Wilcosky et al. 1984).

Insgesamt liegen somit keine ausreichenden wissenschaftlichen Erkenntnisse vor, die die Annahme eines signifikant erhöhten Risikos, durch eine Exposition gegenüber den oben genannten Gefahrstoffen an Prostatakrebs zu erkranken, hinreichend begründen können.

## Tätigkeits-spezifischer Aspekt der Schicht- und Nachtarbeit

Mögliche Zusammenhänge zwischen Schicht- beziehungsweise Nachtschichtarbeit und Prostatakrebs wurden in verschiedenen Studien untersucht. Eine Metaanalyse aus 2018 zeigte für einige Studien Risikoerhöhungen für eine „Tätigkeit jemals in Nachtschicht“, die jedoch aufgrund der breiten Konfidenzintervalle mit einer hohen Unsicherheit verbunden sind (National Toxicology Program 2018). Größere und damit deutlich belastbarere Studien mit daraus resultierenden präziseren Ergebnissen zeigen jedoch nur geringfügig oder nicht erhöhte Risiken. Bei langjähriger Schichtarbeit wurden in einzelnen Studien ebenfalls höhere Risikoschätzer beobachtet, allerdings zeigte auch hier die Mehrzahl der Studien keinen eindeutigen statistisch signifikanten Zusammenhang mit der Dauer der Nachtschichttätigkeit. Auf Basis dieser Metaanalyse kann kein eindeutiger Zusammenhang zwischen Prostatakrebs und einer Tätigkeit in Nachtschicht konstatiert werden.

Das aktuellste systematische Review mit Metaanalyse berücksichtigte Publikationen bis zum 1. November 2019 (Riviera-Izquierdo et al. 2020). Diese umfangreiche Publikation, die 18 Studien einschloss, kam ebenfalls zu dem Ergebnis, dass der Zusammenhang von Prostatakrebs mit rotierenden Schichten bzw. Nachtschichten nicht begründet werden kann. Auch die IARC hat in ihrer Monographie zu Nachtschichtarbeit (2020) lediglich Hinweise und keine eindeutige Evidenz für einen Zusammenhang zwischen Tätigkeiten in Nachtschicht und einem erhöhten Prostatakrebsrisiko erkennen können. Die bisher publizierten Studien sind damit nicht geeignet, einen eindeutigen Zusammenhang zwischen Schicht- und Nachtarbeit und Prostatakrebs zu belegen.



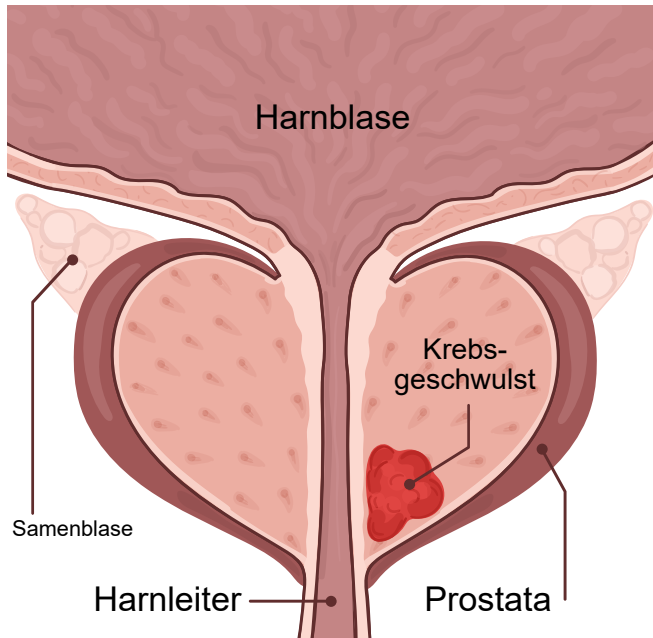


Abb. 1 Männlicher Urogenitaltrakt mit linksseitigem Prostatakrebs

### Einfluss von Screeninguntersuchungen

Es ist zu berücksichtigen, dass die beschriebene Erhöhung der Inzidenz für Prostatakrebs auch auf ein verbessertes Screeningverhalten bei Feuerwehreinsatzkräften zurückgeführt werden kann. Die in den einzelnen Studien berichteten Risikoerhöhungen beziehen sich vorwiegend auf Fall-Kontroll-Studien, sind insgesamt leicht erhöht (zumeist Risikoerhöhung bis zu 20–30 %) und werden in ähnlicher Ausprägung auch in anderen Bevölkerungsgruppen, die tendenziell eher zum PSA-Screening neigen, gesehen. Eine mögliche Verzerrung insbesondere durch PSA-Screening, aber auch andere nicht erfasste Faktoren wird daher von den meisten Autoren diskutiert. Ein Einfluss des PSA-Screenings auf die Prostatakrebsinzidenz ist durchaus plausibel, da die Inzidenz nach Einführung eines PSA-Screenings steigt. In den ausgewerteten Studien wurden nur Erhöhungen der Inzidenz, nicht aber der Mortalität, beobachtet. Ein Einfluss des PSA-Screenings wurde in einer aktuellen norwegischen register-basierten Studie bestätigt (Jakobsen et al. 2022). Feuerwehreinsatzkräfte waren bei der Diagnose von Prostatakrebs jünger und hatten geringere PSA-Werte als

vergleichbare Personen aus der Allgemeinbevölkerung. Ein vergleichbarer Effekt wird auch bei anderen Berufen mit regelmäßigen Gesundheitsuntersuchungen, wie Militärangehörige und Polizisten, beobachtet. Die Autoren schlussfolgern deshalb, dass diese Faktoren wahrscheinlich zu erhöhten Inzidenzen im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung führen.

### Schlussfolgerungen

Zusammenfassend kann aus epidemiologischer Sicht insgesamt festgestellt werden, dass es aktuell keine hinreichende wissenschaftliche Evidenz für berufliche Ursachen von Prostatakrebs gibt. Abgesehen von Alter und genetischen Faktoren bleibt die Ätiologie von Prostatakrebs somit weiterhin ungeklärt. Berücksichtigt man die nationale und internationale Literatur, liegen für den vorgestellten Fall keine ausreichenden wissenschaftlichen Erkenntnisse vor, die einen Zusammenhang der Tätigkeit im Feuerwehrdienst und der Erkrankung an dem diagnostizierten Prostatakrebs begründen können. Die Anerkennung als Berufskrankheit oder „wie eine Berufskrankheit“ im Sinne § 9 Absatz 2 SGB VII konnte somit nicht empfohlen werden.

#### Die Autoren:

Prof. Dr. Thomas Behrens  
 Prof. Dr. Thomas Brüning  
 Dr. Christian Eisenhawer  
 Dr. Heiko U. Käfferlein  
 Dr. Dirk Pallapies  
 Dr. Dirk Taeger  
 IPA



## Literatur

- Blanc-Lapierre A, Sauvé J-F, Parent M-E: Occupational exposure to benzene, toluene, xylene and styrene and risk of prostate cancer in a population-based study. *Occup Environ Med* 2018; 75: 562-572.
- Boers D, Zeegers MP, Swaen GM, et al. The influence of occupational exposure to pesticides, polycyclic aromatic hydrocarbons, diesel exhaust, metal dust, metal fumes, and mineral oil on prostate cancer: a prospective cohort study. *Occup Environ Med* 2005; 62: 531-537.
- BSG Urteil vom 08.08.2001 – B 9 U 23/01 R.
- BSG Urteil vom 27.06.2006 – B 2 U 20/04 R.
- Casjens S, Taeger D, Brüning T. Das Krebsrisiko von Feuerwehreinsatzkräften. *ASU Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed* 2021; 56: 359-366.
- Chang ET, Bofetta P, Adami HO, et al. A critical review of the epidemiology of Agent Orange/TCDD and prostate cancer. *Eur J Epidemiol* 2014; 29: 667-723.
- Costantino JP, Redmond CK, Bearden A. Occupationally related cancer risk among coke oven workers: 30 years of follow-up. *J Occup Environ Med* 1995; 37: 597-604.
- Demers PA, DeMarini DM, Fent KW, et al. Carcinogenicity of occupational exposure as a firefighter. *Lancet Oncol* 2022, online ahead of print.
- Golka K, Wiese A, Assennato G, et al. Occupational exposure and urological cancer. *World J Urol* 2004; 21: 382-391.
- Gun RT, Pratt N, Ryan P, et al. Update of mortality and cancer incidence in the Australian petroleum industry cohort. *Occup Environ Med* 2006; 63: 476-481.
- International Agency for Research on Cancer: IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans: Painting, Firefighting, and Shiftwork. Volume 98, Lyon, 2010.
- International Agency for Research on Cancer: IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans: Night Shift Work. Volume 124, Lyon, 2020.
- Jakobsen J, Veierød MB, Grimsrud TK, et al. Early detection of prostate cancer in firefighters: a register-based study of prognostic factors and survival. *Occup Environ Med* 2022; 79: 200-206.
- Jalilian H, Ziaei M, Weiderpass E, et al. Cancer incidence and mortality among firefighters. *Int J Cancer* 2019; 145: 2639-2646.
- Krebs in Deutschland für 2017/2018. 13. Ausgabe. Robert Koch-Institut und die Gesellschaft der epidemiologischen Krebsregister in Deutschland e.V. (Hrsg). Berlin, 2021.
- Krech S, Selinski S, Bürger H, et al. Occupational risk factors for prostate cancer in an area of former coal, iron, and steel industries in Germany. Part 2: results from a study performed in the 1990s. *J Toxicol Environ Health A* 2016; 79: 1130-1135.
- Krishnadasan A, Kennedy N, Zhao Y, et al. Nested case-control study of occupational chemical exposures and prostate cancer in aerospace and radiation workers. *Am J Ind Med* 2007; 50: 383-390.
- Krstevic S, Baris D, Stewart P, et al. Occupational risk factors and prostate cancer in U.S. blacks and whites. *Am J Ind Med* 1998; 34: 421-430.
- Lundberg I, Milatou-Smith R. Mortality and cancer incidence among Swedish paint industry workers with long-term exposure to organic solvents. *Scand J Work Environ Health* 1998; 24: 270-275.
- National Toxicology Program. Draft RoC Monograph on Night Shift Work and Light at Night. Report on Carcinogens, Completed Cancer Hazard Evaluations. Office of the Report on Carcinogens, Division of the National Toxicology Program, National Institute of Environmental Health Sciences, U.S. Department of Health and Human Services. 24.08.2018; <https://ntp.niehs.nih.gov/pubhealth/roc/listings/shift-work/index.html>.
- Rivera-Izquierdo M, Martínez-Ruiz V, Castillo-Ruiz EM, et al. Shift Work and Prostate Cancer: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health* 2020; 17: 1345.
- Straif K, Baan R, Grosse Y, et al. Carcinogenicity of shift-work, painting, and fire-fighting. *Lancet Oncol*. 2007; 8: 1065-1066.
- Tolbert PE. Oils and cancer. *Cancer Causes Control* 1997; 8: 386-405.
- Sahmoun AE, Douglas Case L, Jackson SA, et al. Cadmium and Prostate Cancer: A Critical Epidemiologic Analysis. *Cancer Invest* 2005; 23: 256-263.
- Wilcosky TC, Checkoway H, Marshall EG, et al. Cancer mortality and solvent exposures in the rubber industry. *Am Ind Hyg Assoc J* 1984; 45: 809-11.
- Xu J, Ye Y Huang F, et al. Association between dioxin and cancer incidence and mortality: a meta-analysis. *Sci Rep* 2016; 6: 38012.

# Quantitative Bestimmung von Antikörpern gegen das Coronavirus (SARS-CoV-2)

IPA entwickelt immunologische Testsysteme

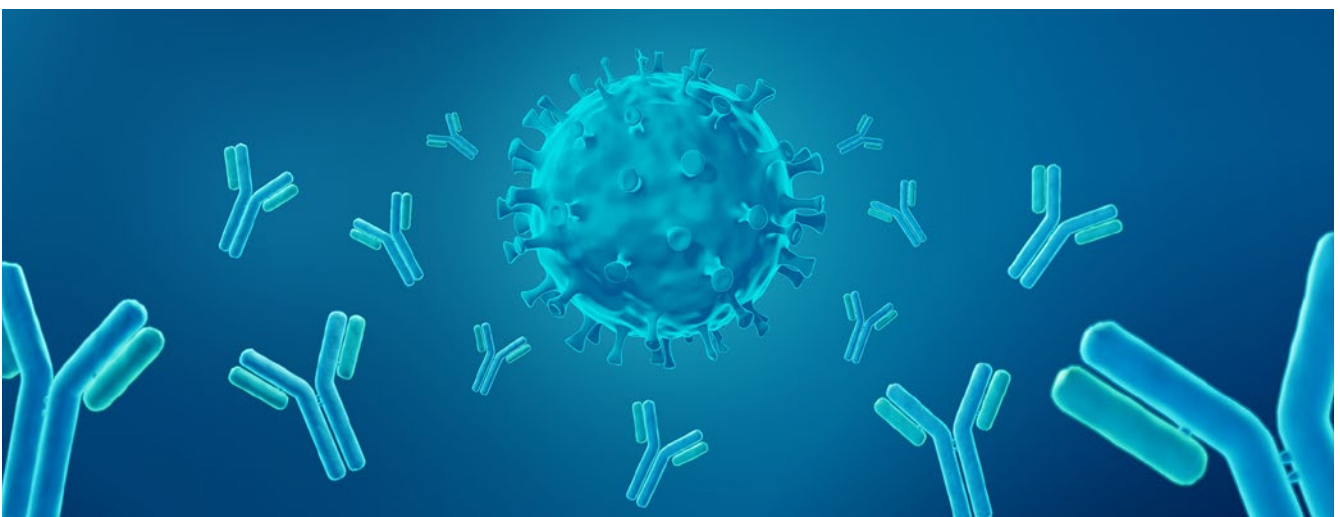


Ingrid Sander, Thomas Brüning,  
Monika Raulf

*Im IPA wurden immunologische Testsysteme entwickelt, die eine quantitative Bestimmung der Antikörper gegen das Coronavirus ermöglichen. Die Testergebnisse sind durch Berücksichtigung internationaler Standards mit Werten aus anderen Laboren vergleichbar. Die Tests erlauben eine Differenzierung zwischen einer Infektion und einer Impfreaktion. Die Testsysteme werden bereits in zwei Studien in Zusammenarbeit mit Unfallversicherungsträgern eingesetzt.*

Beruflicher Kontakt mit Infizierten führt insbesondere im Gesundheits- und Pflegebereich zu einem deutlich erhöhten Risiko an COVID-19 zu erkranken. Bis Ende Juni 2022 gab es bereits über 350.000 Verdachtsanzeigen auf eine Berufserkrankung im Zusammenhang mit COVID-19 und über 58.000 gemeldete Arbeitsunfälle (DGUV). Forschungsarbeiten zur Prävention dieser Erkrankung haben daher eine hohe Priorität für die Unfallversicherungsträger.

Sowohl nach Infektion mit dem SARS-CoV-2-Virus als auch nach erfolgreichen Impfungen werden Antikörper gebildet, welche die Vermehrung des Virus im Körper erschweren. Die in Deutschland eingesetzten Impfstoffe enthalten die genetische Information oder eine Untereinheit des als „Spike-Protein“ bezeichneten Oberflächenproteins des Virus. Dieses Protein ermöglicht den Eintritt in menschliche Zellen, so dass eine gegen das Spike-Protein gerichtete Immunantwort die Ausbreitung des Virus besonders effektiv



## Kurz gefasst

Im IPA wurden Antikörpertests für eine quantitative Bestimmung der SARS-CoV-2-Antikörperkonzentrationen entwickelt.

Die Bestimmung von Antikörpern gegen zwei unterschiedliche Proteine des SARS-CoV-2-Virus kann zwischen Impfung und Infektion unterscheiden.

Die ELISA sind validiert und ihre Ergebnisse aufgrund des Bezugs zu WHO-Standards international vergleichbar.

verringert. Andere Virusproteine, wie zum Beispiel das Nucleocapsid-Protein, können im Falle einer Infektion nach Probenahme im Nasen-Rachen-Raum mit Antigen-Schnelltests nachgewiesen werden. Entsprechend werden Antikörper auch gegen dieses Protein nach einer Virusinfektion, nicht aber nach der Impfung, gebildet.

### Frühe Entwicklung von Testverfahren am IPA

Bereits zu Beginn der Pandemie, im Frühjahr 2020 begann das IPA mit der Entwicklung immunologischer Testverfahren zur Quantifizierung menschlicher Antikörper gegen das SARS-CoV-2 Virus, die als „ELISA“ (Enzyme Linked Immunosorbent Assay) in praktisch jedem immunologischen Labor durchgeführt werden können. Im ELISA werden bestimmte Moleküle über Antikörper und eine Enzym-gekoppelte Farbreaktion nachgewiesen.

Zu diesem Zeitpunkt gab es noch keine kommerziellen quantitativen Nachweisverfahren für Humanantikörper gegen SARS-CoV-2 Antigene. Ziel war es, anhand der Antikörperkonzentrationen im Blut Hinweise für die Dauer der Immunität und den Schutz vor erneuter Erkrankung nach Genesung zu erhalten. Nach der Zulassung verschiedener Impfstoffe konnten die Tests zum Nachweis einer Impfreaktion und zur Bestimmung der Antikörperkonzentrationen im zeitlichen Verlauf nach wiederholten Impfungen angewendet werden.

### Test unterscheidet zwischen Impfung und Infektion

Bei SARS-CoV-2-Infektionen werden innerhalb der ersten Wochen nach der Infektion fast gleichzeitig verschiedene Klassen von Immunglobulinen, den Antikörpern, produziert. Da Immunglobuline der Klasse G, abgekürzt als IgG, für die andauernde Immunität am wichtigsten sind,

wurden für die Testentwicklung gut charakterisierte kommerzielle Komponenten zum Nachweis dieser Antikörperklasse eingesetzt. Als SARS-CoV-2 spezifische Komponenten dienten sowohl eine Untereinheit (S1) des Spike Proteins, als auch das Nucleocapsid Protein, beide mit der Sequenz des ursprünglichen SARS-CoV-2-Virus. Mit der Entwicklung von ELISA-Systemen gegen zwei verschiedene Virusproteine kann so zwischen der Immunantwort nach einer Infektion oder einer Impfung unterschieden werden. Während nach einer Infektion prinzipiell gegen beide Proteine Antikörper gebildet werden, sind es nach einer Impfung nur Antikörper gegen das Spike Protein.

### Quantifizierung und analytische Genauigkeit

Als Referenz für die Umrechnung von den im Photometer gemessenen optischen Dichten der Farbreaktion in IgG-Werte wird neben den Proben eine Serummischung mit bekannter IgG-Konzentration in einer Verdünnungsreihe auf jeder ELISA Platte eingesetzt (Abb. 1).

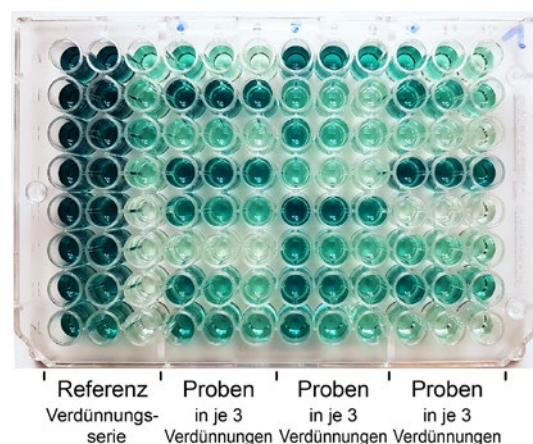


Abb. 1 ELISA Testplatte mit Serumproben in je drei Verdünnungen und Referenz zur Umrechnung in IgG-Konzentrationen.

Entscheidend für die Quantifizierung ist ein paralleler Verlauf der Referenzkurve und der Probenverdünnungen. Die ausgezeichnete Parallelität zeigte sich an der relativen Standardabweichung der Ergebnisse auf einer Platte von im Mittel nur 7,1% beim Spike S1-ELISA und 7,2% beim Nucleocapsid-ELISA. Die Ergebnisse konnten an verschiedenen Messtagen reproduziert werden und wichen mit mittleren Standardabweichungen von nur 11,9% beim Spike S1 und 6,6% beim Nucleocapsid ELISA voneinander ab.

### Laborergebnisse international vergleichbar

Um Laborergebnisse international vergleichen zu können, müssen Antikörpermessungen standardisiert werden. Hierfür gibt es von der World Health Organisation (WHO) zugelassene Serummischungen mit definierter Antikörperbindung. Der WHO 67/086 Standard dient zur Quantifizierung von Antikörpern verschiedener Subklassen und standardisiert anhand von „Internationalen Units (IU)“, während der WHO 20/136 Standard an SARS-CoV-2 bindende Antikörper anhand von „Binding Activity Units (BAU)“ standardisiert. Letzterer ist seit Anfang 2021 verfügbar und enthält per Definition eine Konzentration von 1000 BAU/mL. Auch die WHO-Standards wurden im IPA parallel zu der IgG Referenz in den ELISAs eingesetzt (Abb. 2). Die in der Abbildung eingezeichneten Faktoren ermöglichen die Umrechnung der IgG-Konzentrationen in die verschiedenen Einheiten.

#### Info

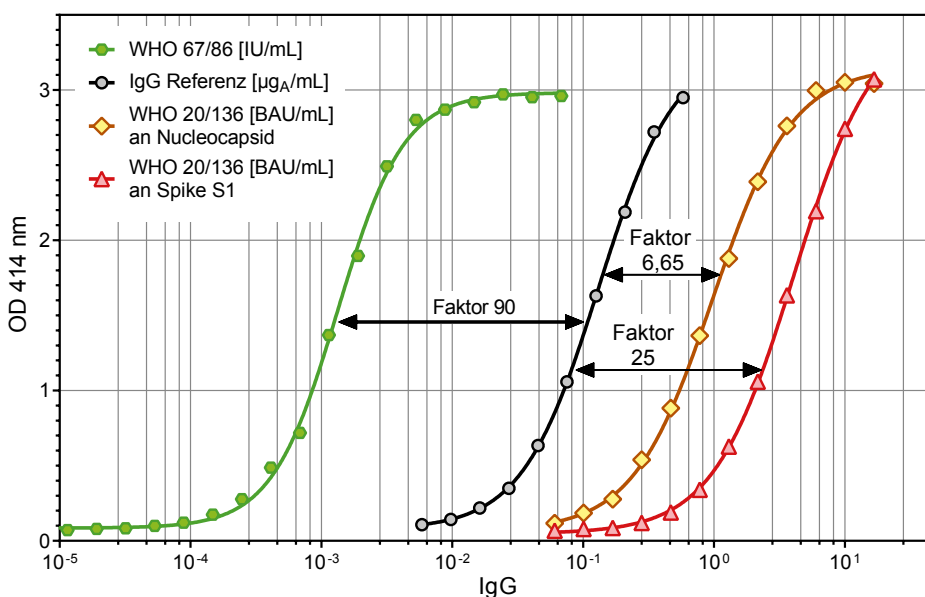
Die Sensitivität und die Spezifität sind Indikatoren für die Zuverlässigkeit von medizinischen Diagnoseverfahren.

Dabei gibt die **Sensitivität** eines Tests an, wie viele erkrankte Personen von diesem Test richtig als erkrankt erkannt werden.

Die **Spezifität** beschreibt, wie viele gesunde Personen von einem Testsystem als gesund erkannt werden.

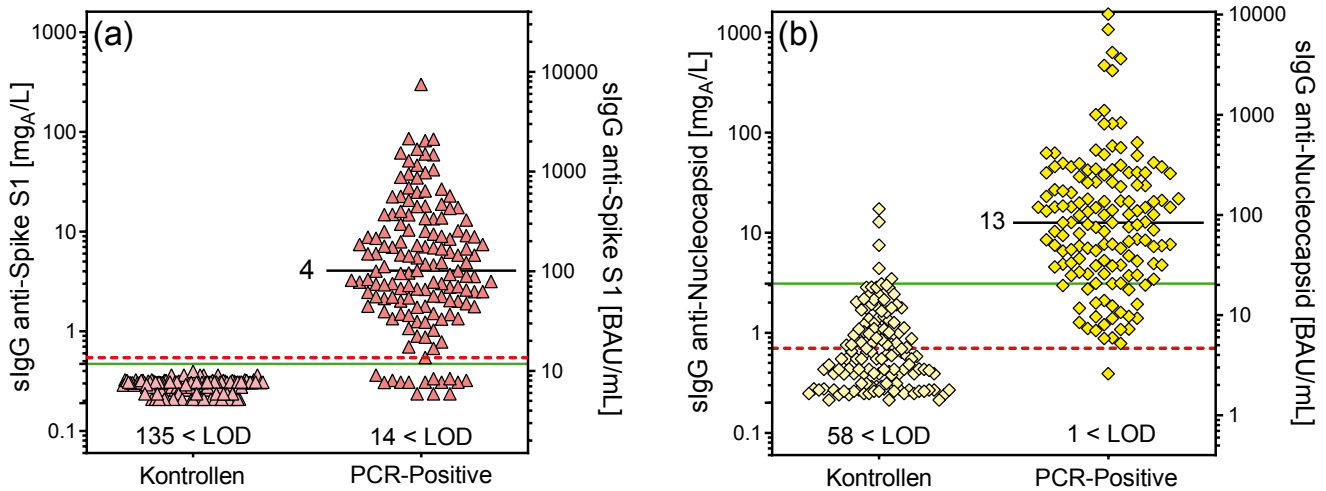
### Validierung der ELISA

Zur Validierung der ELISAs und Festlegung der Beurteilungsgrenze („Cutoff“) wurden sowohl Proben von Erkrankten (Positive) als auch Proben von Gesunden (Negative) benötigt. Die 135 negativen Kontrollproben stammten aus der Biobank des IPA aus Projekten, bei denen die Proben sicher vor Ausbruch der Pandemie gewonnen wurden. Die 144 positiven Proben stammten von Personen mit positivem PCR-Test auf SARS-CoV-2, die im Zeitraum von 14 bis 100 Tagen nach dem positiven Ergebnis Blut gespendet und anonymisiert zur Verfügung gestellt hatten. Zuvor wurde ein Datenschutzkonzept erstellt und das Votum der Ethik-Kommission der Medizinischen Fakultät der Ruhr-Universität Bochum eingeholt (Registriernummer 20-7007).



**Abb. 2**  
Paralleler Verlauf der IgG Referenzkurve zu den WHO Standards mit Umrechnungsfaktoren zwischen den Einheiten.





**Abb. 3a/b** IgG-Ergebnisse bei PCR-Positiven und Kontrollen im Spike-S1 ELISA (a) und Nucleocapsid-ELISA (b).  
Gestrichelte rote Linie: Nachweisgrenze (LOD) Durchgezogene grüne Linie: Cutoff

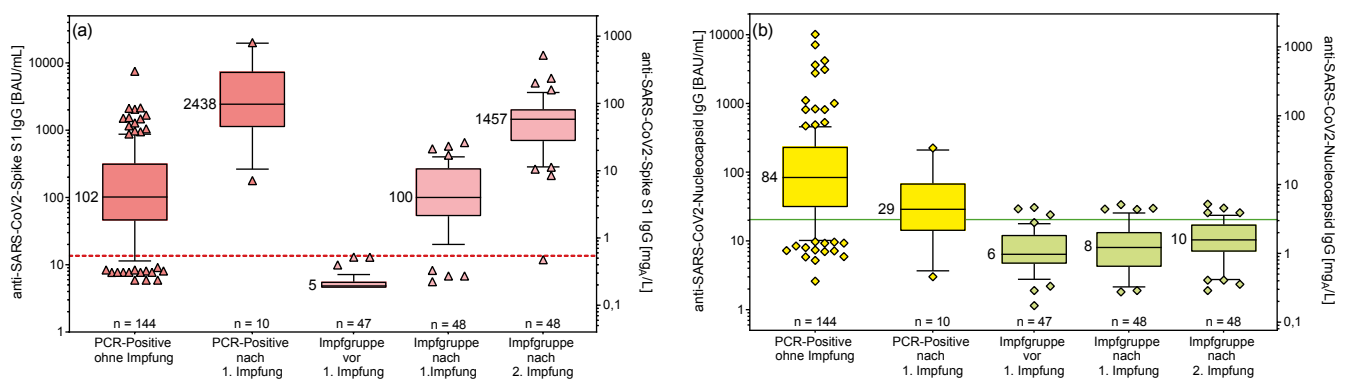
Keine der Kontrollen hatte IgG-Antikörper gegen das Spike Protein über der Nachweisgrenze (LOD), während die PCR-Positiven im Median IgG-Werte von 4 mg<sub>A</sub>/L und umgerechnet 102 BAU/mL aufwiesen (Abb. 3a). Im Nucleocapsid-ELISA lagen 58 Kontrollen und eine PCR-Positive Person unter der Nachweisgrenze. Der Median-Wert bei den PCR-Positiven lag bei 13 mg<sub>A</sub>/L und umgerechnet 84 BAU/mL (Abbildung 3b). Anhand der Kontrollen wird die Spezifität beurteilt, anhand der PCR-Positiven die Sensitivität. Der „Cutoff“ zur optimalen diagnostischen Beurteilung findet sich beim Maximum der Summe aus Sensitivität und Spezifität.

Insbesondere die Spezifität der ELISA beim optimalen „Cutoff“ ist mit 100 % beim Spike S1 ELISA und 96,3 % beim Nucleocapsid ELISA ausgezeichnet.

### ELISA Ergebnisse vor und nach Impfungen

Die neu entwickelten ELISA-Systeme wurden bei 48 gesunden Freiwilligen vor und nach Impfungen mit dem Impfstoff von BioNTech-Pfizer eingesetzt (Impfgruppe, Abb. 4). Zusätzlich wurden auch zehn Personen, die zuvor einen positiven PCR-Test hatten, nach ihrer Impfung getestet.

Nach der Erstimpfung hatten 92% der gesunden Freiwilligen IgG-Antikörper gegen das Spike-S1-Protein von im Median 100 BAU/mL; nach der 2. Impfung wiesen 98 % IgG-Antikörper von im Median 1457 BAU/mL auf (Abb. 4a). Noch höher lagen die IgG-Antikörper gegen das Spike-S1-Protein bei den zuvor PCR-Positiven nach Erstimpfung. Die Antikörper gegen das Nucleocapsid-Protein blieben dagegen wie erwartet von der Impfung unbeeinträchtigt (Abb. 4b).



**Abb. 4a/b** Antikörperkonzentrationen gegen das Spike S1 Protein (a) und das Nucleocapsid (b).

## Ausblick

Die neuentwickelten Antikörpertests werden derzeit in zwei laufenden Studien eingesetzt. In einer Kohortenstudie „VAC-Studie“ werden die Antikörperkonzentrationen im Verlauf vor und nach wiederholten Impfungen und ihre Schutzwirkung vor Infektion über einen Zeitraum von zwei Jahren verfolgt. In der „PostCovid und Immunstatus-Studie“, die von der Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege initiiert wurde, dienen die Antikörpertests neben weiteren Methoden zur Bestimmung des Immunstatus nach einer SARS-CoV-2-Infektion bei Versicherten aus dem Gesundheitswesen.

Ein großer Vorteil der im IPA entwickelten ELISA-Systeme ist die Entwicklung aus kommerziell erhältlichen Komponenten. Die Durchführung der Tests ist mit üblicher Laborausstattung ohne zusätzliche Messgeräte und teure Testmaterialien möglich. Außerdem können IgG-Antikörper gegen weitere Antigene, wie zum Beispiel die Omikron-Variante des Spike-Proteins, nach gleichem Schema und mit den gleichen Referenzen quantifiziert und verglichen werden. Auch diese ELISA-Variante wurde mittlerweile erfolgreich im IPA etabliert und wird bereits in der VAC-Studie eingesetzt. Vor dem Hintergrund einer hohen Anzahl Infizierter auch nach Impfungen bleibt es eine offene Forschungsfrage, welche Antikörperkonzentrationen einen Schutz vor schweren Verläufen von COVID-19 Erkrankungen vorhersagen können.

### Danksagung

Der Dank gilt unseren Bochumer Projektpartnern Dr. Philipp Göcke aus der Praxis für Labormedizin und Mikrobiologie und Prof. Herrmann aus der Praxis für Endokrinologie und Laborforschung für die Probensammlung von PCR-positiv Getesteten.

Die hier zusammengefassten Ergebnisse wurden bereits publiziert (Sander et al. 2022). Zwischenergebnisse der VAC-Studie wurden bei der DGAUM Jahrestagung 2022 vorgestellt und werden derzeit für eine Originalpublikation zusammengefasst.

### Die Autoren:

Prof. Dr. Thomas Brüning

Prof. Dr. Monika Raulf

Dr. Ingrid Sander

IPA

## Literatur

DGUV. Berufskrankheiten und Arbeitsunfälle im Zusammenhang mit COVID-19: [https://www.dguv.de/medien/inhalt/mediencenter/hintergrund/covid/dguv\\_zahlen\\_covid.pdf](https://www.dguv.de/medien/inhalt/mediencenter/hintergrund/covid/dguv_zahlen_covid.pdf) (abgerufen am 19.07.2022)

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. Transl. Immunol.* 2022; 11:e1369. Doi: 10.1002/cti2.1369

# Für Sie gelesen

## Physisches und psychisches Wohlbefinden bei Arbeiten im Homeoffice

Yijing X, Becerik-Gerber B, Lucas G, Roll SC.  
*Impacts of Working from Home During COVID-19  
 Pandemic on Physical and Mental Well-Being of  
 Office Workstation Users. J Occup Environ Med 2021;  
 63:181-190*

In der Literatur werden zunehmend negative Aspekte von mobiler Arbeit beschrieben: Fehlende Kontakte zu Kollegen und Kolleginnen, eine verringerte körperliche Aktivität, schlechtere Ernährung, lange Bildschirmarbeitszeiten, Zunahme der Anzahl und enge Taktung von Online-Besprechungen, ergonomisch unzureichende Arbeitsplätze und -mittel sowie Unterbrechungen durch andere im Haushalt lebende Personen können insgesamt zu erhöhten psychischen Belastungen, Fatigue, Schmerzen sowie Augenbeschwerden führen.

In der vorliegenden Arbeit wurden daher Zusammenhänge zwischen verschiedenen sozialen und verhaltensbezogenen Faktoren mit dem physischen und psychischen Wohlbefinden von 998 US-Büroangestellten, die aufgrund der COVID-19-Pandemie Vollzeit im Homeoffice arbeiten mussten, untersucht. Positive Assoziationen mit einem verbesserten Wohlbefinden beschrieben die Autoren unter anderem durch ein höheres Maß an körperlicher Aktivität, eine verstärkte Kommunikation mit Kollegen sowie durch die Anwesenheit eines Kindes im Haushalt.

Ein weiteres Ergebnis der Studie war jedoch auch, dass ca. 65 % der Befragten über neu aufgetretene körperliche und 74 % über neue psychische Probleme seit Aufnahme der Tätigkeit im Homeoffice berichteten. Hierbei gaben vor allem Frauen und Teilnehmende aus den unteren Einkommensgruppen häufiger Beschwerden an. Im Gegensatz zum positiven Einfluss auf das Wohlbefinden insgesamt war das Zusammenleben mit mindestens

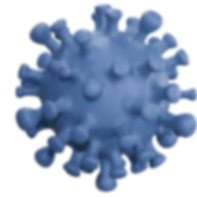


einem Kleinkind der stärkste Einflussfaktor für die Meldung neuer Probleme. Darüber hinaus waren die flexible Planung der Arbeitszeiten „um andere Personen herum“, gestiegene Arbeitszeiten und ein ergonomisch schlecht eingerichteter Arbeitsplatz mit einer höheren Wahrscheinlichkeit von körperlichen oder psychischen Gesundheitsproblemen verbunden.

Die Ergebnisse der Arbeit deuten auf ein insgesamt reduziertes körperliches und psychisches Wohlbefinden von Beschäftigten nach der pandemiebedingten Aufnahme von mobiler Arbeit hin, welches durch Lebensstilfaktoren, die Arbeitsumgebung und soziale Aspekte beeinflusst wird. Die Arbeit im Homeoffice stellt offensichtlich insbesondere für Frauen mit einer möglichen Doppelbelastung im Haushalt eine große Herausforderung dar. Potentiell intensivere Arbeitszeiten ohne angemessene Pausen und die erschwerte Organisation der Arbeit zuhause stehen dabei möglicherweise in direktem Zusammenhang mit den geäußerten Beschwerden.

---

**Der Autor:**  
 Prof. Dr. Thomas Behrens  
 IPA

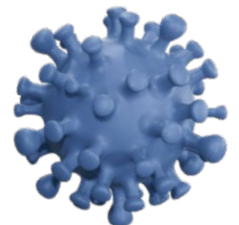
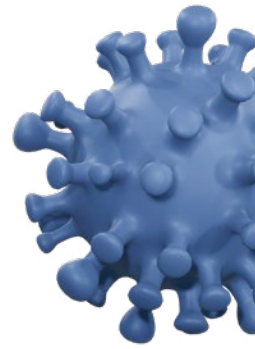


# Psychische Beanspruchung durch die SARS-CoV-2-Pandemie

Ergebnisse der IPA-Studie unter Beschäftigten aus verschiedenen Branchen und Berufsgruppen



Swaantje Casjens, Dirk Taeger,  
Thomas Brüning, Thomas Behrens



*Bestimmte Berufsgruppen sind in der Pandemie einem erhöhten arbeitsbedingten Infektionsrisiko ausgesetzt. Für diese Berufsgruppen wurden auch psychosoziale Belastungen als Folge der Pandemie diskutiert. In der vorgestellten IPA-Studie wurde die psychische Beanspruchung von Beschäftigten außerhalb des Gesundheitssektors zu Beginn und während der zweiten Corona-Welle in Deutschland untersucht.*

Die SARS-CoV-2-Pandemie gefährdet die globale Gesundheit und stellt Beschäftigte und Unternehmen vor große Herausforderungen. Um die Übertragung von SARS-CoV-2 zu minimieren, wurden neben der Impfung insbesondere nicht-pharmazeutische Maßnahmen ergriffen, wie die AHA+L-Regeln oder die Schließung von Bildungseinrichtungen und von Geschäften mit Waren, die nicht für den täglichen Bedarf bestimmt sind. Je nach Berufsgruppe und Branche wurden neue Beschäftigungsformen eingeführt und mobile Arbeitsmodelle umgesetzt.

## Infektionsrisiko ist branchenabhängig

Schon früh in der Pandemie wurde deutlich, dass das Risiko einer SARS-CoV-2-Infektion je nach Branche variiert. Zweifellos gehörten Beschäftigte im Gesundheitswesen zu der am stärksten betroffenen Berufsgruppe (Gómez-Ochoa et al. 2021). Aber auch bei Beschäftigten im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV), im Lebensmitteleinzelhandel sowie in Bildungseinrichtungen und im Bereich Sozialarbeit wurden teilweise erhöhte Raten von COVID-19-Fällen



und Todesfällen beobachtet (Lan et al. 2021; Magnusson et al. 2021; Mutambudzi et al. 2021). Neben der Sorge vor einer SARS-CoV-2-Infektion können sich auch Veränderungen der Organisation des Arbeitsalltags und die Einführung neuer Beschäftigungsformate aufgrund der eingeleiteten Präventionsmaßnahmen als belastend erweisen. Selbst in Branchen, in denen kein erhöhtes Infektionsrisiko besteht, können die Angst vor dem Verlust des Arbeitsplatzes, Kurzarbeit, oder neue Anforderungen an die Vereinbarkeit von Beruf und Familie für die Beschäftigten negative Auswirkungen haben (Giorgi et al. 2020).

In Zusammenarbeit mit der Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie, der Verwaltungs-Berufsgenossenschaft, der Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik und der Unfallkasse Hessen sowie dem Institut für Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IAG) hat das IPA die psychische Beanspruchung der Beschäftigten aus verschiedenen Berufsgruppen und Branchen zu Beginn der COVID-19-Pandemie und während der „zweiten Welle“ in deutschen Unternehmen und Betrieben untersucht. Beschäftigte aus Gesundheitsberufen wurden wegen einer zeitgleich stattfindenden Untersuchung der Universität Hamburg in Kooperation mit der Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege nicht in die IPA-Studie einbezogen. Eine umfassende Darstellung der Studienergebnisse wurde bereits international publiziert (Casjens et al. 2022).

### Arbeitsplatzbedingtes SARS-CoV-2-Infektionsrisiko

Im Allgemeinen haben Beschäftigte, die bei der Arbeit mit SARS-CoV-2-infizierten Personen in Kontakt kommen, ein erhöhtes Risiko für eine berufsbedingte SARS-CoV-2-Infektion. In Anlehnung an frühere Publikationen stuften wir das Infektionsrisiko für Beschäftigte im Einzelhandel mit Kundenkontakt, Fahr- und Servicepersonal im ÖPNV, Feuerwehrleute, Beschäftigte in Bau- und Versorgungsberufen, im Sicherheitsdienst, in der Gastronomie sowie Beschäftigte im Bildungs- und Sozialwesen im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung als hoch ein. Beschäftigte mit potenziellem Kundenkontakt im öffentlichen Dienst und im Finanzsektor sowie Fachkräfte für Arbeitssicherheit definierten wir als Gruppe mit gegenüber der Allgemeinbevölkerung potenziell erhöhtem Infektionsrisiko. Hierzu gehören zum Beispiel Sachbearbeitende im Sozialamt oder Bankberater und Bankberaterinnen. Teilnehmende aus anderen Berufsgruppen und Branchen wurden als nicht besonders gefährdet für eine SARS-CoV-2-Infektion am Arbeitsplatz eingestuft.

### Kurz gefasst

Die Corona-Pandemie geht mit einer erhöhten psychischen Beanspruchung der befragten Beschäftigten einher.

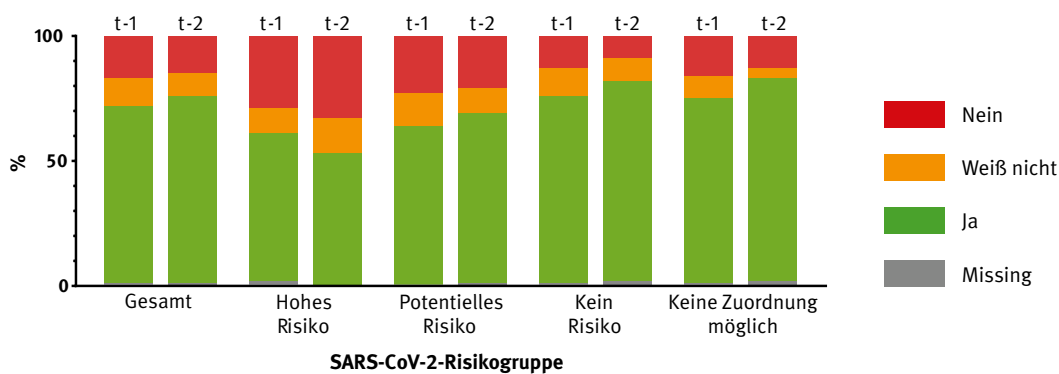
Das Risiko für eine schwerere psychische Beanspruchung ist bei Beschäftigten mit hohem oder potenziellem arbeitsplatzbedingtem SARS-CoV-2-Infektionsrisiko zwei- bis dreifach höher als bei Beschäftigten ohne erhöhtes Infektionsrisiko.

Sowohl die Schutzmaßnahmen zur Verringerung der Exposition gegenüber SARS-CoV-2 am Arbeitsplatz, als auch die Stärkung bestehender Interaktionen zwischen den Kolleginnen und Kollegen sowie die gezielte Unterstützung von Beschäftigten mit Work-Privacy-Konflikten sind Faktoren, die die psychische Gesundheit der Beschäftigten stärken könnten.

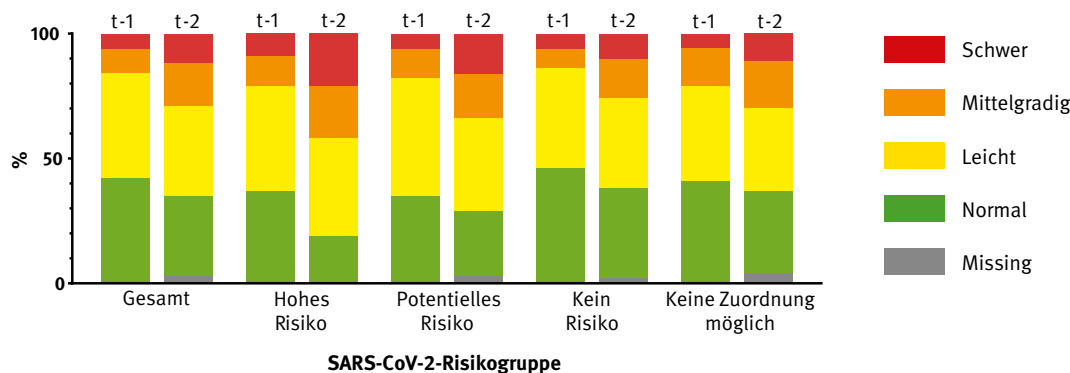
### Erfolgreiche Rekrutierung

Zwischen Dezember 2020 und Juni 2021 nahmen 1.548 Beschäftigte an der Online-Umfrage teil. Die Antworten von 1.545 Teilnehmenden aus den Branchen Industrie (n=606), Öffentlicher Dienst (n=538), Finanzsektor (n=165), Öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV, n=37), Einzelhandel (n=11), und anderen Branchen (n=188) konnten in die abschließende Auswertung einbezogen werden. Insgesamt wurde 102 Teilnehmenden (6,6 %) ein hohes, 414 Teilnehmenden (26,8 %) ein potentiell erhöhtes und 868 Teilnehmenden (56,2 %) kein erhöhtes arbeitsplatzbedingtes SARS-CoV-2-Infektionsrisiko zugewiesen. 161 Teilnehmende (10,4 %) konnten aufgrund fehlender oder unzureichender Berufsangaben nicht zugeordnet werden. An der Studie nahmen 53 % Frauen und 44 % Männer teil; 3 % waren divers oder machten keine Angaben. Das Durchschnittsalter der Teilnehmenden betrug 43 Jahre.

In der etwa 15-minütigen Online-Umfrage wurden Fragen zur Gesundheit, zum Beruf und zu den Präventions- und Arbeitsschutzmaßnahmen, die aufgrund der SARS-CoV-2-Pandemie am Arbeitsplatz ergriffen wurden, gestellt. Die psychische Beanspruchung in Form von Depressions- und Angstsymptomen wurde mit Hilfe des Gesundheitsfragebogen für Patienten (PHQ-4) gemessen und in die Kategorien normal (0-2 Punkte), leicht (3-5 Punkte), mittelgradig (6-8 Punkte) und schwer (9-12 Punkte) eingeteilt (Kroenke et al. 2009). Konflikte zwischen Arbeit



**Abb. 1**  
Gefühlter Schutz am Arbeitsplatz vor einer SARS-CoV-2-Infektion im Frühjahr 2020 (t-1) und zum Befragungszeitpunkt (t-2) insgesamt und stratifiziert nach beruflicher SARS-CoV-2-Risikogruppe.



**Abb. 2**  
Psychische Beanspruchung der Beschäftigten gemessen als Schwere von Depressions- und Angstsymptomen im Frühjahr 2020 (t-1) und zum Befragungszeitpunkt (t-2).

und Privatleben wurden analog zur deutschen Version des Copenhagen Psychosocial Questionnaire (COPSOQ) mit der Frage „Inwieweit beeinträchtigen die Anforderungen Ihrer Arbeit Ihr Privat- und Familienleben?“ erhoben und in die Kategorien hoch, mittel und niedrig unterteilt (Nübling et al. 2006). Einige Fragen wurden sowohl retrospektiv zum Zeitpunkt des Pandemiebeginns im Frühjahr 2020 (t-1) und zum Erhebungszeitpunkt (t-2) gestellt.

### Umfassende SARS-CoV-2-bedingte Arbeitsschutzmaßnahmen

96% der teilnehmenden Beschäftigten gaben an, zu den SARS-CoV-2-bedingten Arbeitsschutzmaßnahmen unterwiesen worden zu sein. Über 70% der Teilnehmenden fühlten sich durch die Maßnahmen an ihrem Arbeitsplatz ausreichend vor einer SARS-CoV-2-Infektion geschützt, jedoch gab es Unterschiede zwischen den beruflichen Risikogruppen (Abb. 1). Etwa die Hälfte der Beschäftigten mit hohem beruflichem SARS-CoV-2-Infektionsrisiko empfanden den Schutz vor einer SARS-CoV-2-Infektion an ihrem Arbeitsplatz als ausreichend (t-1 58,8%; t-2 52,9%). Im Allgemeinen nahm der gefühlte Schutz am Arbeitsplatz jedoch im Verlauf der Pandemie leicht zu (t-1 70,6%; t-2 75,1%). Im Laufe der Pandemie litten die Beschäftigten zunehmend unter dem mangelnden Austausch mit den Kolleginnen und Kollegen am Arbeitsplatz (t-1 10,9%; t-2 22,3%). Ein hoher Konfliktanteil zwischen Arbeit und

Privatleben bestand bei 261 Teilnehmenden (16,9%). Bei keinem der Teilnehmenden wurde jedoch chronisch arbeitsbedingter Stress als Ungleichgewicht zwischen hohem Arbeitsaufwand und geringer Honorierung nach dem Effort-Reward-Modell festgestellt.

### Risikofaktoren für eine psychische Beanspruchung

Im Laufe der SARS-CoV-2-Pandemie nahm die psychische Beanspruchung der Beschäftigten in allen beruflichen Risikogruppen zu (Abb. 2). Im Frühjahr 2020 wiesen 6% der Teilnehmenden schwere (PHQ-4-Wert  $\geq 9$ ) und 16% mindestens mittelgradige (PHQ-4-Wert  $\geq 6$ ) Angst- und Depressionssymptome auf. In der zweiten SARS-CoV-2-Welle verdoppelten sich diese Anteile auf 12% beziehungsweise 29%. Beschäftigte mit hohem beruflichem SARS-CoV-2-Infektionsrisiko wiesen die höchste Symptomatik auf. Bei der statistischen Aufarbeitung zeigten sich erhöhte Risiken für stärker ausgeprägte Depressions- und Angstsymptome für Beschäftigte mit einem hohen (Odds Ratio 3,08; 95% Konfidenzintervall 1,77-5,37) oder einem potentiell erhöhten arbeitsbedingten SARS-CoV-2-Infektionsrisiko (Odds Ratio 2,06; 95% Konfidenzintervall 1,46-2,89) im Vergleich zu Personen ohne erhöhtes Infektionsrisiko.

Weitere Risikofaktoren für Depressions- und Angstsymptome waren eine fehlende Unterweisung zu den eingeführten SARS-CoV-2-Arbeitsschutzmaßnahmen, ein als

unzureichend empfundener Schutz am Arbeitsplatz und ein geringerer Austausch mit Kolleginnen und Kollegen. Ferner konnten bekannte Risikofaktoren für eine höhere psychische Beanspruchung bestätigt werden. So waren Frauen im Vergleich zu Männern stärker beansprucht. Auch Teilnehmende mit einem weniger guten Allgemeinzustand, Alleinerziehende, Beschäftigte mit hohen Konflikten zwischen Arbeit und Privatleben oder Beschäftigte mit überdurchschnittlich hohem Engagement bei der Arbeit waren stärker betroffen.

## Empfehlungen für die Praxis

Die Ergebnisse dieser Studie unterstreichen die große Bedeutung des Arbeits- und Infektionsschutzes für die psychische Gesundheit während der SARS-CoV-2-Pandemie in Deutschland. In Übereinstimmung mit einer früheren Studie aus Norwegen konnte in der Studie des IPA ein Zusammenhang zwischen der Höhe des arbeitsbedingten SARS-CoV-2-Infektionsrisikos und der psychischen Beanspruchung der Beschäftigten festgestellt werden (Johnson et al. 2020). Dieser war insbesondere bei Beschäftigten mit hohem Infektionsrisiko zum Beispiel bei Fachkräften aus Erziehung und Sozialarbeit aber auch bei dem potenziellen Infektionsrisiko der Verwaltungsangestellten oder Bankkaufleuten ausgeprägt. Es zeigte

sich jedoch auch, dass die Auswirkung des beruflichen SARS-CoV-2-Infektionsrisikos auf die psychische Beanspruchung durch Work-Privacy-Konflikte, den wahrgenommenen Schutz vor SARS-CoV-2 am Arbeitsplatz, mangelnde Interaktionen mit Kolleginnen und Kollegen sowie übermäßiges Engagement bei der Arbeit beeinflusst wurde. Somit könnte die Verringerung der SARS-CoV-2-Exposition durch Schutzmaßnahmen am Arbeitsplatz, die Stärkung bestehender Interaktion zwischen den Kollegen und die gezielte Unterstützung von Beschäftigten mit Work-Privacy-Konflikten dazu beitragen, künftige Krisen besser zu bewältigen und die psychische Gesundheit aller Beschäftigten besser zu schützen.

### Die Autoren:

Prof. Dr. Thomas Behrens

Prof. Dr. Thomas Brüning

Dr. Swaantje Casjens

Dr. Dirk Taeger

IPA

## Literatur

Casjens S, Taeger D, Brüning T, Behrens T. Altered mental distress among employees from different occupational groups and industries during the COVID-19 pandemic in Germany. *J Occup Environ Med* 2022; Online ahead of Print doi:10.1097/JOM.0000000000002595.

Giorgi G, Lecca LI, Alessio F, Finstad GL, Bondanini G, Lulli LG, Arcangeli G, Mucci N. COVID-19-Related Mental Health Effects in the Workplace: A Narrative Review. *Int J Environ Res Public Health* 2020; 17:7857. doi:10.3390/ijerph17217857.

Gómez-Ochoa SA, Franco OH, Rojas LZ, Raguindin PF, Roa-Díaz ZM, Wyssmann BM, Guevara SLR, Echeverría LE, Glisic M, Muka T. COVID-19 in Health-Care Workers: A Living Systematic Review and Meta-Analysis of Prevalence, Risk Factors, Clinical Characteristics, and Outcomes. *Am J Epidemiol* 2021; 190:161–175. doi:10.1093/aje/kwaa191.

Johnson SU, Ebrahimi OV, Hoffart A. PTSD symptoms among health workers and public service providers during the COVID-19 outbreak. *PLoS ONE* 2020; 15:e0241032. doi:10.1371/journal.pone.0241032.

Kroenke K, Spitzer RL, Williams JBW, Löwe B. An ultra-brief screening scale for anxiety and depression: the PHQ-4. *Psychosomatics* 2009; 50:613–621. doi:10.1176/appi.psy.50.6.613.

Lan F-Y, Suharlím C, Kales SN, Yang J. Association between SARS-CoV-2 infection, exposure risk and mental health among a cohort of essential retail workers in the USA. *Occup Environ Med* 2021; 78:237–243. doi:10.1136/oemed-2020-106774.

Magnusson K, Nygård K, Methi F, Vold L, Telle K. Occupational risk of COVID-19 in the first versus second epidemic wave in Norway, 2020. *Euro Surveill* 2021; 26(40). doi:10.2807/1560-7917.ES.2021.26.40.2001875.

Mutambudzi M, Niedwiedz C, Macdonald EB, Leyland A, Mair F, Anderson J, Celis-Morales C, Cleland J, Forbes J, Gill J, Hastie C, Ho F, Jani B, Mackay DF, Nicholl B, O'Donnell C, Sattar N, Welsh P, Pell JP, Katikireddi SV, Demou E. Occupation and risk of severe COVID-19: prospective cohort study of 120 075 UK Biobank participants. *Occup Environ Med* 2021; 78:307–314. doi:10.1136/oemed-2020-106731.

Nübling M, Stöbel U, Hasselhorn H-M, Michaelis M, Hofmann F. Measuring psychological stress and strain at work – Evaluation of the COPSOQ Questionnaire in Germany. *GMS Psychosoc Med* 2006; 3:Doc05.

# Längsschnittstudie zur Allergieentwicklung beim Umgang mit Labortieren im Rahmen der Ausbildung zur biologischen Laborfachkraft



Frank Hoffmeyer, Monika Raulf

---

*Der berufliche Umgang mit Labortieren, meist Mäuse und Ratten, kann zu allergischen Reaktionen führen. Laut Studien entwickeln ungefähr ein Drittel der exponierten Personen Symptome einer Labortierallergie. Im Rahmen eines gemeinsamen Forschungsprojekts von BG RCI und IPA zur Erfassung der Allergenexposition und Sensibilisierung beim Umgang mit Labortieren hat das IPA in einem Unternehmen der pharmazeutischen Industrie die Allergieentwicklung von Berufseinsteigenden beim Umgang mit Labortieren untersucht.*



## Labortierallergien in Laboren nicht selten

Alleine im Bereich der BG RCI haben schätzungsweise rund 1.000 Versicherte, vor allem in der forschenden pharmazeutischen oder chemischen Industrie, regelmäßig direkten Umgang mit Labortieren, meist Mäuse und Ratten. Vergleichbare Expositionen bestehen aber auch im Zuständigkeitsbereich anderer Unfallversicherungsträger, zum Beispiel in Großforschungseinrichtungen oder Universitäten. Der berufliche Umgang mit diesen Labortieren und die damit verbundene Exposition gegenüber tierischen Allergenen kann zu einer Sensibilisierung im Sinne einer IgE-vermittelten Reaktion führen (Cullinan et al. 1999).

Rund ein Drittel der exponierten Personen entwickeln nach Literaturangaben Symptome einer Labortierallergie, am häufigsten sind Rhinitis, Konjunktivitis (Bindehautentzündung), seltener Hautreaktionen und bei etwa 10% der Fälle tritt ein Asthma bronchiale auf (Hollander et al. 1997). Ursächlich für diese Reaktion sind die Proteine, die in Haaren, Hautschuppen, Urin, Speichel und Serum der Versuchstiere enthalten sind (Zahradnik und Raulf 2017). Studien konnten zeigen, dass die Sensibilisierung meistens in den ersten drei Jahren der Beschäftigung stattfindet (Hunskaar and Fosse 1990). Trotz der mittlerweile in vielen Einrichtungen eingeführten Präventionsmaßnahmen zur Reduktion der Exposition stellt die Labortierallergie durchaus noch eine relevante Herausforderung für die Sicherheit und Gesundheit am Arbeitsplatz dar.

Mittlerweile leiden etwa 20% der Bevölkerung in Deutschland an der Volkskrankheit „Allergie“ mit steigender Tendenz (Weißbuch Allergien 2018). Betroffen sind auch immer mehr Berufsanfängerinnen und -anfänger, die eine allergische Prädisposition mitbringen und ihre Ausbildung beziehungsweise ihr Studium in Bereichen beginnen, die ein erhöhtes Sensibilisierungsrisiko bergen. Hierzu gehört auch der Umgang und die Pflege von Labortieren im Rahmen der Ausbildung zur Biologielaborantin und zum -laboranten.

## Untersuchungen im Betrieb

Ein Mitgliedsbetrieb aus dem Bereich der pharmazeutischen Industrie hat das Angebot von BG RCI und IPA aufgegriffen, um den Einfluss der Labortierallergenbelastung auf die Entwicklung von Sensibilisierung und Beschwerden an den Atemwegen unter aktuellen Bedingungen an Arbeitsplätzen erfassen und bewerten zu lassen.

### Kurz gefasst

Die berufliche Exposition gegen Labortierallergene kann zu allergischen Erkrankungen führen.

Das IPA begleitete in einer Längsschnittstudie Berufseinsteigende in einem pharmazeutischen Betrieb mit Kontakt zu Labortieren während ihrer Ausbildung.

Es ergaben sich keine Hinweise auf eine verstärkte Entwicklung von allergischen Erkrankungen im Vergleich zur Kontrollgruppe. Auch fand keine nennenswerte Verschleppung von Labortierallergenen in den privaten Bereich statt.

Vergleichbar mit der Längsschnittuntersuchung des IPA an Studienanfängerinnen und Studienanfängern der Veterinärmedizin (AllergoVet), wurden Auszubildende, die Umgang mit Labortieren haben, vor und im Verlauf ihrer mehrjährigen Ausbildung untersucht. Als Vergleichsgruppe dienten Auszubildende mit ähnlicher Altersstruktur und Geschlechterzusammensetzung aus dem gleichen Betrieb ohne berufliche Labortierexposition. Dieser Studienansatz erlaubt die Beurteilung des Einflusses von individuellen Charakteristika der Berufseinsteigenden noch bevor sie am Arbeitsplatz mit der mutmaßlichen Arbeitsplatznoxe in Kontakt treten. Außerdem können so bereits in einem sehr frühen Stadium arbeitsplatzspezifische Sensibilisierungen aufgedeckt werden.

## Studiendesign und Methodik

Im Zeitraum 2014 bis 2016 konnten vor Ausbildungsbeginn insgesamt 26 Personen mit dem Berufsziel „Biologielaboranten“ (L-Gruppe), die während ihrer Ausbildung Kontakt zu Labortieren hatten, rekrutiert werden. 17 Auszubildende im kaufmännischen Bereich sowie der Produktionstechnik (K/P-Gruppe) dienten als Kontrollgruppe. Der Betriebsrat hatte im Vorfeld der Durchführung der Untersuchungen zugestimmt.

Um die bisherigen Erkrankungen und die häuslichen beziehungsweise privaten Expositionen zu erfassen, füllten die Teilnehmenden einen Fragebogen aus. Detailliert erfasst wurde das generelle Vorliegen von Beschwerden im Bereich der Augen, der Nase sowie der unteren Atemwege. Die Intensität der jeweiligen Symptome wurde wie folgt gewichtet: 0 (nicht vorhanden), 1 (gering),

2 (mäßig), 3 (schwer). Die Antworten wurden in einem additiven Score zusammengefasst; für Auge, Nase und untere Atemwege ergab sich ein maximal möglicher Score von jeweils 6, 15 und 9 Punkten.

Am Untersuchungstag selbst erfolgte eine Bestimmung des fraktionierten exhaliierten Stickstoffmonoxids (FeNO) und eine Blutentnahme durch Mitarbeitende des IPA. Die jeweilige spirometrische Untersuchung wurde in der betriebsmedizinischen Ambulanz des Unternehmens durchgeführt. Im IPA wurde im Serum spezifisches und Gesamt-IgE zur Überprüfung einer atopischen Genese und spezifischen Sensibilisierung bestimmt.

Parallel zu den Untersuchungen wurde die häusliche Allergenexposition mittels passiver Sammlung durch einen Electrostatic Dust Collector (EDC), entsprechend dem beschriebenen Verfahren von Zahradnik et al. 2021 abgeschätzt. In allen Proben wurden die Hauptallergene von Maus (Mus m 1), Ratte (Rat n 1), Katze (Fel d 1), Hund (Can f 1) sowie Hausstaubmilbenallergene und auch die Endotoxinaktivität analysiert.

### Beschwerden der Studiengruppen zu Ausbildungsbeginn vergleichbar

Bei insgesamt 43 Auszubildenden konnte zu Beginn ihrer Ausbildung (Zeitpunkt A) eine Untersuchung durchgeführt werden. Sowohl die Auszubildenden mit dem Berufsziel „biologische Laborfachkraft“ (L-Gruppe) als auch die Auszubildenden der K/P-Gruppe wurden zu weiteren drei Zeitpunkten im Verlauf ihrer Ausbildung untersucht (Zeitpunkte B bis D). (Abb. 1). Das durchschnittliche Alter zum Ausbildungsbeginn lag in beiden Gruppen zwischen 19 und 20 Jahren.

Info

**FeNO**

- kann als ein Surrogatmarker für Entzündungen vom Th2-Typ, z. B. Eosinophilie der Atemwege, betrachtet werden.
- wird in der klinischen Praxis als wichtige nicht-invasive Methode zur Abklärung der Entstehung von Atemwegssymptomen sowie zur Einschätzung des eosinophilen Entzündungsgrad der Atemwege verwendet.
- kann auch zur Steuerung einer antiallergischen Therapie eingesetzt werden.
- Werte zwischen 25 und 50 ppb sprechen für eine milde eosinophile Infiltration und damit milde Erkrankung.

Unabhängig davon sind beim Einsatz der FeNO-Messung weitere ursächliche Faktoren wie respiratorische Infekte oder inhalative Irritantien differentialdiagnostisch zu bedenken.

Hinsichtlich möglicher allergischer oder irritativer Erkrankungen gab es keine Unterschiede zwischen der L-Gruppe und der Kontrollgruppe. Bezogen auf den maximal möglichen Beschwerdescore in den jeweiligen Organregionen zeigten sich überwiegend Beschwerdeintensitäten im unteren Drittel der Skala (Nase  $\leq 5$ , Auge  $\leq 2$  und untere Atemwege  $\leq 3$ ). Nur von wenigen Auszubildenden wurden stärkere Beschwerden im Bereich der Nase und Augen angegeben. Bezüglich der ärztlich

	2014	2015	2016	2017	2018	2019
L	10 <sub>A</sub>	7 <sub>B</sub>	7 <sub>C</sub>	8 <sub>D</sub>		
K/P	1 <sub>A</sub>	1 <sub>B</sub>	0 <sub>C</sub>	0 <sub>D</sub>		
L		4 <sub>A</sub>	2 <sub>B</sub>	4 <sub>C</sub>	2 <sub>D</sub>	
K/P		7 <sub>A</sub>	3 <sub>B</sub>	2 <sub>C</sub>	2 <sub>D</sub>	
L			12 <sub>A</sub>	9 <sub>B</sub>	3 <sub>C</sub>	5 <sub>D</sub>
K/P			9 <sub>A</sub>	9 <sub>B</sub>	8 <sub>C</sub>	3 <sub>D</sub>
n	11	19	33	32	15	8

**Abb. 1**  
Studienteilnehmende (Rekrutierung und Zeitablauf der Untersuchungen)

2014 bis 2016 wurden jeweils Auszubildende aus folgenden Bereichen in die Studie aufgenommen: L-Gruppe = Auszubildende mit dem Berufsziel „Biologielaborant“, K/P-Gruppe = Auszubildende im kaufmännischen Bereich (K) sowie der Produktionstechnik (P). (K/P: Zusammenfassung als Vergleichsgruppe) A–D = Untersuchungszeitpunkt. Die Untersuchungszeitpunkte A bis D sind jeweils durch eine unterschiedliche Farbintensität charakterisiert.

gestellten Diagnosen „Heuschnupfen“ und „Asthma“ sowie des Rauchverhaltens zeigten sich zwischen den Gruppen ebenfalls keine Unterschiede (Tab. 1). Unabhängig vom Berufsziel waren die Symptomscores im Bereich der Augen und Nase bei Auszubildenden mit allergischen Erkrankungen höher als bei nicht-allergischen.

Symptomscore (n)	L-Gruppe (n=26)	K/P-Gruppe (n=17)
<b>Nase (max. 15)</b>		
0	8 (30,8%)	3 (17,6%)
1–5	15 (57,7%)	13 (76,5%)
≥ 6	3 (11,5%)	1 (5,9%)
<b>Auge (max. 6)</b>		
0	16 (61,5%)	13 (76,5%)
1–2	7 (26,9%)	3 (17,6%)
≥ 3	3 (11,5%)	1 (5,9%)
<b>Untere Atemwege (max. 9)</b>		
0	21 (80,8%)	10 (58,8%)
1–3	5 (19,2%)	7 (41,2%)
≥ 4	0	0
<b>Ärztliche Diagnosen (n)</b>		
Heuschnupfen	3 (11,5%)	2 (11,8%)
Asthma	1 (3,8%)	1 (5,9%)
Heuschnupfen + Asthma	1 (3,8%)	0
<b>Raucherstatus (n)</b>		
Nie	20 (76,9%)	11 (64,7%)
Ex	2 (7,7%)	2 (11,8%)
gelegentlich	3 (11,5%)	2 (11,8%)
täglich	1 (3,8%)	2 (11,8%)

Tab. 1 Symptomscore, ärztliche Diagnosen und Raucherstatus der Auszubildenden

L-Gruppe = Auszubildende mit dem Berufsziel „Biologielaborant“, K/P-Gruppe = Auszubildende im kaufmännischen Bereich (K) sowie der Produktionstechnik (P)

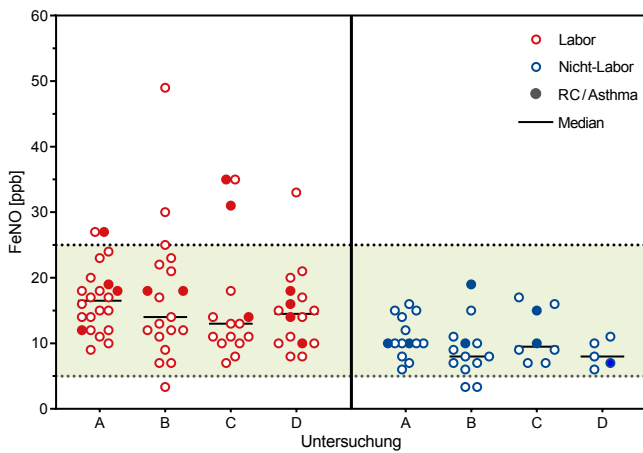
## Beschwerden, Diagnosen und Untersuchungsergebnisse während der Ausbildungszeit

Von den zu Beginn 26 auszubildenden Personen mit späteren Tätigkeiten im Tierlabor nahmen nach dem ersten (Zeitpunkt „B“), zweiten (Zeitpunkt „C“) und dritten Ausbildungsjahr (Zeitpunkt „D“) jeweils 19, 15 und 16 Personen mehrfach teil. Aus der Kontrollgruppe waren es 11, 9 und 4 Auszubildende. Die jeweiligen Symptomscores für die „Biologielaboranten“ sind in Tabelle 2 dargestellt. Relevante Verschlechterungen der anfänglichen Beschwerdeintensität zeigten sich während der Ausbildung nicht.

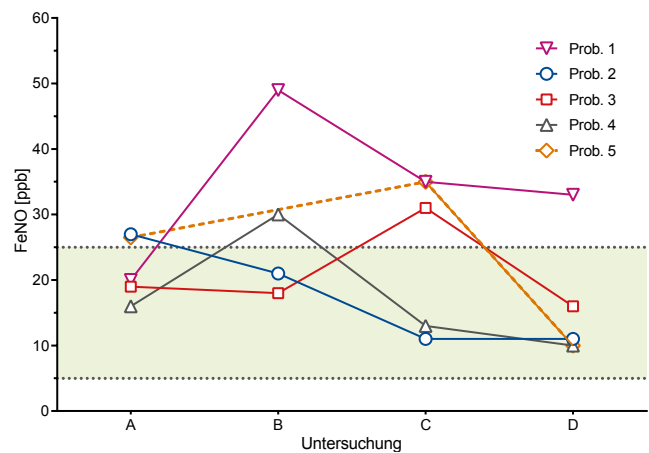
Unter den auszubildenden Personen im Laborbereich wurde ärztlicherseits während des Untersuchungszeitraums bei vier Teilnehmenden Heuschnupfen und bei jeweils einer Person Asthma und gleichzeitig Heuschnupfen beziehungsweise nur Asthma diagnostiziert.

Untersuchungszeitpunkte Symptomscore	A n=21	B n=19	C n=15	D n=16
<b>Nase (max. 15)</b>				
0	7 (33,3%)	5 (26,3%)	5 (33,3%)	6 (37,5%)
1–5	11 (52,4%)	12 (63,2%)	8 (53,4%)	8 (50,0%)
≥ 6	3 (14,3%)	2 (10,5%)	2 (13,3%)	2 (12,5%)
<b>Auge (max. 6)</b>				
0	16 (76,2%)	10 (52,6%)	10 (66,7%)	12 (75,0%)
1–2	4 (19,0%)	8 (42,1%)	5 (33,3%)	4 (25,0%)
≥ 3	1 (4,8%)	1 (5,3%)	0	0
<b>Untere AW (max. 9)</b>				
0	18 (85,7%)	14 (73,7%)	12 (80,0%)	16 (100%)
1–3	3 (14,3%)	4 (21,1%)	3 (20,0%)	0
≥ 4	0	1 (5,2%)	0	0

Tab. 2 Veränderung des Symptomscore der Auszubildenden mit dem Berufsziel „biologische Laborfachkraft“ im Laufe der jährlichen Untersuchungen



**Abb. 2a** FeNO-Werte zu Ausbildungsbeginn (A) und im Follow-up (B: 1 Jahr, C: 2 Jahre, D: 3 Jahre) für die beiden Untersuchungsgruppen. Teilnehmende mit bekannter Rhinokonjunktivitis oder Asthma sind mit ausgefüllten Symbolen dargestellt. Der Normbereich ist hervorgehoben.



**Abb. 2b** FeNO-Werte zu Ausbildungsbeginn (A) und im Follow-up (B: 1 Jahr, C: 2 Jahre, D: 3 Jahre) für 5 Auszubildende mit dem Berufsziel „biologische Laborfachkraft“. Der Normbereich ist hervorgehoben.

Änderungen der spirometrischen Parameter im Längsschnitt konnten auf Basis der vorliegenden Protokolle nicht beurteilt werden.

Die FeNO-Eingangswerte (Zeitpunkt A) waren mit 16 ppb für die L-Gruppe signifikant höher als für die P/K-Gruppe mit 10 ppb ( $p=0,001$ ) (Abb. 2a). Dieser Unterschied zwischen den Gruppen bestand im Follow-up und auch nach drei Jahren (Zeitpunkt D) weiter ( $p=0,011$ ). Während bei der P/K-Gruppe sämtliche im Untersuchungszeitraum gemessenen FeNO-Werte kleiner als 25 ppb waren, lagen in der L-Gruppe bei fünf Teilnehmenden die Werte über 25 ppb (s. Abb. 2b) (s. Info-Kasten). Vier Teilnehmende zeigten nach zwei bzw. drei Jahren einen temporären Anstieg. Bei einem weiteren Teilnehmenden war im Verlauf eine Normalisierung des initial leicht erhöhten FeNO Wertes zu beobachten.

Bei der Eingangsuntersuchung konnte bei der Hälfte der L-Gruppe eine Sensibilisierung gegen inhalative Umwelallergene nachgewiesen werden, während in der Vergleichsgruppe die Sensibilisierungsrate bei 23,5% lag. Eine Sensibilisierung gegen die Labortiere Maus und Ratte zeigte sich bei der Eingangsuntersuchung in keiner der beiden Gruppen. Bezüglich weiterer Tierallergene wiesen jeweils 6 bis 12% der Teilnehmenden in beiden Gruppen eine Sensibilisierung gegen Katzen- oder Hundeschuppen auf. In der L-Gruppe bestanden geringe Prävalenzen für eine Sensibilisierung gegen Kaninchen- und Meerschweinchenepithelien (Tab. 3). In der Studienlaufzeit entwickelten sich keine neuen Sensibilisierungen gegen Maus- bzw. Rattenurinproteine.

Serologische Parameter	Probandengruppe	
	L-Gruppe (n=26)	K/P-Gruppe (n=17)
Atopie-Screen n=17 (sx1 $\geq 0,35$ kU/L)	13 (50%)	4 (23,5%)
Gesamt-IgE n=10 ( $> 100$ kU/L)	7 (27%)	3 (17,6%)
Mausurinprotein (n $\geq 0,35$ kU/L)	0 (0%)	0 (0%)
Rattenurinprotein (n $\geq 0,35$ kU/L)	0 (0%)	0 (0%)
Katzenschuppen (n $\geq 0,35$ kU/L)	2 (7,7%)	1 (5,9%)
Hundeschuppen (n $\geq 0,35$ kU/L)	2 (7,7%)	2 (11,8%)
Kaninchenepithelien (n $\geq 0,35$ kU/L)	1 (3,8%)	0 (0%)
Meerschweinchenepithelien (n $\geq 0,35$ kU/L)	2 (7,7%)	0 (0%)

**Tab. 3** Sensibilisierungen vor Beginn der Ausbildung



## Häusliche Exposition

Das Auslegen der Passivsammler (EDC) im häuslichen Bereich der Studienteilnehmenden sollte insbesondere der Abschätzung der Verschleppung von Maus- und Rattenallergenen aus dem Arbeitsbereich in den Privatbereich dienen. Von den insgesamt im Untersuchungszeitraum analysierten 108 Passivsammlern lag die Mausallergenkonzentration nur in sieben Proben (6,5%) oberhalb der Nachweisgrenze. Dabei stammte eine Probe aus dem Privatbereich der P/K (Kontroll-)Gruppe. Rattenallergene konnten in zwei Proben nachgewiesen werden, wobei eine Probe aus dem Haushalt eines Hunde- und Katzenbesitzers und die andere aus dem Haushalt eines Rattenbesitzers stammte. Insgesamt belegen diese Untersuchungen keine nennenswerte Verschleppung der Maus- und Rattenallergene aus dem Labor in den häuslichen Bereich. Hinsichtlich der weiteren Allergenkonzentrationen von Katzen-, Hunde- und Hausstaubmilben-Allergenen zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Proben aus den Haushalten der Teilnehmenden der L- und der P/K-Gruppe. Die Endotoxinkonzentrationen der Proben aus den Haushalten der Auszubildenden mit Labortierkontakt und aus dem P/K-Bereich unterschieden sich ebenfalls nicht.

## Kein Anstieg von allergischen Beschwerden während der Ausbildung

Insbesondere Längsschnittstudien mit Berufsanfängern bzw. Studieneinsteigern sind geeignet, um belastbare Aussagen zum Risiko der Entstehung von berufsbedingten Atemwegserkrankungen zu machen, da sich in den ersten zwei bis drei Jahren nach Beginn der Allergenexposition die höchste Inzidenz für die Entstehung von arbeitsplatzbezogenen Beschwerden zeigt (Hunskaar and Fosse 1990). Dieser Zeitraum von mindestens drei Jahren war im Rahmen dieser Studie gegeben.

Dabei zeigten sich zum Ausbildungsbeginn vergleichbare Prävalenzen von ärztlich diagnostizierten allergischen Erkrankungen beziehungsweise entsprechender Leitsymptome. Wenn Symptome auftraten, waren diese eher leicht ausgeprägt. Es ergaben sich Hinweise darauf, dass insbesondere Auszubildende mit Angaben zu relevanten Beschwerden bereits vor Beginn der Ausbildung auf eine weitere Teilnahme an der Studie verzichteten. Möglicherweise bestand in diesen Fällen trotz Anonymisierung der Daten die Sorge, dass die Entwicklung „allergischer Probleme“ sich negativ auf die Fortsetzung einer Ausbildung im Bereich „Labortiere“ auswirken könnte. Der Anteil der Auszubildenden mit einer Sensibilisierung gegen Umweltallergene lag bei der Laborgruppe mit 50% zum Ausbildungsbeginn sogar höher als in der Vergleichsgruppe und in aktuellen Surveys (Schmitz et al. 2014).





Eine Zunahme von Beschwerden im Bereich der Augen, oberen und unteren Atemwege oder ärztlich bestätigter allergischer Diagnosen war während der Studie in beiden Gruppen nicht zu beobachten.

Im Laufe des Follow-up traten bei den Teilnehmenden aus der Laborgruppe mit Kontakt zu Labortieren keine Sensibilisierung gegen Maus- beziehungsweise Rattenallergene neu auf. Auch ließ sich keine nennenswerte Verschleppung von Maus- und Rattenallergene in den häuslichen Bereich verzeichnen.

Bei vier Auszubildenden der Laborgruppe kam es zu einem geringgradigen Anstieg der FeNO-Werte (alle Werte < 50 ppb). Nach drei Jahren zeigte nur noch eine teilnehmende Person leicht erhöhte Werte.

## Fazit

Neue allergische Erkrankungen oder Sensibilisierungen gegen Maus- und Rattenallergene bei Auszubildenden konnten in dieser Längsschnittuntersuchung nicht nachgewiesen werden. Dieses Ergebnis unterstützt die Annahme, dass die aktuelle Exposition gegenüber Labortierallergenen, wie sie in der Labortierhaltung in modernen Versuchstieranlagen von forschenden Pharmaunternehmen vorliegen, durch Umsetzung entsprechender präventiver Maßnahmen ein eher geringes Ausmaß aufweist. Obwohl keine Expositionsmessungen in den Arbeitsbereichen parallel zum Studienverlauf stattfanden, zeigten die häuslichen Messungen, dass keine nennenswerte Verschleppung in die häuslichen Bereiche der Auszubildenden erfolgte.

## Die Autoren:

PD Dr. Frank Hoffmeyer  
Prof. Dr. Monika Raulf  
IPA

## Literatur

Cullinan P, Cook A, Gordon S, Nieuwenhuijsen MJ, Tee RD, Venables KM, McDonald JC, Taylor AJ: Allergen exposure, atopy and smoking as determinants of allergy to rats in a cohort of laboratory employees. *Eur Respir J* 1999; 13:1139-1143.

Hollander A, Heederik D, Doekes G: Respiratory allergy to rats: exposure-response relationships in laboratory animal workers. *Am J Respir Crit Care Med* 1997; 155:562-567.

Hunnskaar, S. & Fosse, R.T. Allergy to laboratory mice and rats: a review of the pathophysiology, epidemiology and clinical aspects. *Lab. Anim* 1990; 24:358-374.

Schmitz R, Thamm M, Ellert U, Kalcklösch M, Schlaud M. Verbreitung häufiger Allergien bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland: Ergebnisse der KiGGS-Studie – Erste Folgebefragung (KiGGS Welle 1). *Bundesgesundheitsbl* 2014; 57:771-778.

Weißbuch Allergie in Deutschland; Herausgeber: Ludger Klimek (AeDA), Christian Vogelberg (GPA), Thomas Werfel ((DGAKI), 4. überarbeitete und erweiterte Auflage. © Springer Medizin Verlag GmbH, München 2018. ISBN 978-3-89935-312-9.

Zahradnik E, Raulf M. Respiratory allergens from furred mammal. *Environmental and occupational exposure. Vet Sci* 2017; 4; 38.

Zahradnik E, Sander I, Kleinmüller O, Lotz A, Liebers V, Janssen-Weets B, Kler S, Hilger C, Beine A, Hoffmeyer F, Nienhaus A, Raulf M. Animal Allergens, Endotoxin, and  $\beta$ -(1,3)-Glucan in Small Animal Practices: Exposure Levels at Work and in Homes of Veterinary Staff. *Ann Work Expo Health* 2021; 66: 27-40.

# Für Sie gelesen

## Berufsbedingte Inhalationsallergie in lebensmittelverarbeitenden Bereichen

*Jeebhay MF, Baatjies R. Occupational inhalant allergy in food handling occupations. Curr Opin Allergy Clin Immunol 2022, 22:64–72*

Allergene, die bei der beruflichen Verarbeitung sowie beim Umgang mit Lebensmitteln freigesetzt werden, können eine Sensibilisierung hauptsächlich über den Atemtrakt beziehungsweise über eine geschädigte Hautbarriere hervorrufen. Eine orale Aufnahme der Allergene steht in der Regel nicht im Fokus. Schätzungsweise bis zu 25 % der Fälle von berufsbedingtem Asthma und berufsbedingter Rhinitis werden durch die Inhalation von Allergenen in der Lebensmittelverarbeitung verursacht. Zu den wichtigsten Allergenquellen gehören Proteine in pflanzlichen oder tierischen Nahrungsmitteln, Zusatzstoffe wie Enzyme, Aromastoffe, Farbstoffe, Verdickungsmittel und Sulfite. Auch Kontaminanten wie Insekten, Milben, Parasiten und Pilze, die in den Bereichen vorkommen, in denen Lebensmittel gelagert, zubereitet und verarbeitet werden, können die Ursache sein.

Die Sensibilisierung erfolgt in den meisten Fällen indem die Allergene bei der Handhabung der Lebensmittel an den Arbeitsplätzen in die Luft gelangen und anschließend inhaliert werden. Zu den Risikofaktoren für die Entstehung eines Asthmas in diesen Branchen gehören die Allergenität der Nahrungsmittelproteine, die Art der Arbeitsabläufe und die daraus resultierende Höhe der Allergenexposition. Darüber hinaus haben Beschäftigte mit einer atopischen Genese, einer vorbestehenden beruflich bedingten Rhinitis oder einer vorhandenen klassischen Nahrungsmittelallergie auf das zu verarbeitende Lebensmittel ein höheres Risiko Berufsasthma zu entwickeln. In der Veröffentlichung von Jeebhay et al. wird betont, dass die Erfassung der Exposition einerseits wichtig ist, um die Expositionsquellen und Arbeitsabläufe mit hohem Risiko zu identifizieren und andererseits die Wirksamkeit von Interventionen zur Expositionsreduktion zu



überprüfen. Da es nur einige wenige Grenzwerte für die Exposition von sensibilisierenden Stoffen an Arbeitsplätzen gibt und diese auch noch von Land zu Land variieren, wie es zum Beispiel für Mehlstaub der Fall ist, gilt nach wie vor das Minimierungsgebot. Strategien zur Verringerung der Exposition sind im Allgemeinen spezifisch für die Branche beziehungsweise die Tätigkeit. Neben der Umsetzung des STOP-Prinzips sind auch Informationen über das potentielle Risiko und die Anwendung von Schutzmaßnahmen wirksame präventive Maßnahmen, wie eine aktuelle Studie an Auszubildenden in der Landwirtschaft zeigt. Jeebhay et al. weisen in ihrer Übersicht auch darauf hin, dass Fortschritte in der Lebensmitteltechnologie zur Einführung neuer und ungewöhnlicher Allergene, zum Beispiel als Lebensmittelzusatzstoffe, und damit zu neuen Expositionen und weiteren Risiken führen werden. Künftige Studien sollten sich nach Einschätzung der Autoren auf folgende Punkte fokussieren: Expositions-Wirkungs-Studien, um unter anderem verbesserte und einheitliche Expositionsgrenzwerte insbesondere für Mehlstaub zu erarbeiten, die Abschätzung der Bedeutung von gekochten und rohen Lebensmitteln, weitere Identifizierung und Charakterisierung der beruflich relevanten Lebensmittelallergene sowie die Bewertung der Wirksamkeit von Interventionen.

---

**Die Autorin:**  
Prof. Dr. Monika Raulf  
IPA



# Toxische Wirkung von arbeitsmedizinisch relevanten Partikeln

Einfluss der Partikelgröße, der Partikelgeometrie und der Partikeloberfläche



Götz Westphal, Nina Rosenkranz,  
Thomas Brüning, Jürgen Bünger

*Biobeständige Stäube stellen an vielen Arbeitsplätzen nach wie vor eine besondere Herausforderung für den Gesundheitsschutz von Beschäftigten dar. Im vorgestellten Forschungsverbundprojekt wurde in einem In-vitro-Modell untersucht, welchen Einfluss Größe, Form und Oberfläche von Partikeln auf ihre toxische Wirkung haben.*



## Partikel am Arbeitsplatz weiter eine Herausforderung

Gesundheitliche Risiken durch biobeständige Stäube, einschließlich Fasern sind weiterhin eine besondere Herausforderung für den Schutz von Beschäftigten am Arbeitsplatz. Partikel und Fasern verursachen den größten Teil

schwerwiegender Berufskrankheiten und sind daher weiterhin von hoher Relevanz für die gesetzliche Unfallversicherung. Gleichzeitig werden Partikel und in jüngerer Zeit besonders Nanopartikel für zahlreiche neue Anwendungen entwickelt und in den Verkehr gebracht. Eingesetzt werden sie zum Beispiel im Leichtbau, in Elektro- und



Elektronikbauteilen, bei Oberflächenbeschichtungen oder medizinischen und kosmetischen Produkten.

Mögliche Gesundheitsgefährdungen sind toxikologisch noch nicht hinreichend untersucht. Erkenntnislücken betreffen vor allem die Eigenschaften, die die Toxizität von granulären (nicht faserförmigen) Partikeln maßgeblich bestimmen. Hierbei werden sowohl der Partikelgröße, der Form und auch der Oberfläche wesentliche Einflüsse zugeschrieben. Sollte sich dies bestätigen, wäre eine stärkere Berücksichtigung dieser Parameter hinsichtlich regulatorischer Fragen zu Sicherheit und Gesundheit am Arbeitsplatz notwendig. Die Grenzwertfindung würde deutlich erschwert, da nicht nur die chemische Identität, sondern auch Partikelgröße, Form und Oberfläche berücksichtigt werden müssten. Der Einsatz von granulären biobeständigen Stäuben ohne spezifische Toxizität (GBS) und Nano-GBS am Arbeitsplatz mit unterschiedlichen Grenzwerten ist schon heute in den verschiedenen Technischen Regeln (TRGS 527, TRGS 900) durch den Ausschuss für Gefahrstoffe reguliert.

Das von der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung geförderte Forschungsvorhaben FP-0412 zur toxischen Wirkung arbeitsmedizinisch relevanter Partikel ist eine Kooperation des IPA mit dem Institut für Anorganische Chemie der Universität Duisburg-Essen und der Chirurgischen Forschung des Berufsgenossenschaftlichen Universitätsklinikums Bergmannsheil. In Essen wurden gezielte Synthesen von chemisch identischen Partikeln durchgeführt, die sich lediglich in Größe, Oberfläche, Form und gegebenenfalls in ihrer Kristallinität unterscheiden. So sollte es erstmals möglich sein, den Einfluss dieser Parameter auf die Toxizität der Partikel systematisch zu untersuchen. Wegen des erheblichen Aufwands vergleichender Studien wurden die biologischen Untersuchungen *in vitro*, also in Zellsystemen, im IPA und in der Chirurgischen Forschung durchgeführt.

### Partikelsynthese und Einsatz des PICMA

Die Synthese der Partikel erfolgte mittels verschiedener Synthesestrategien. Die Partikel wurden physikalisch und chemisch überprüft und vergleichend biologisch und toxikologisch charakterisiert. Die biologische Charakterisierung schloss die Zelltoxizität, den programmierten Zelltod (Apoptose), die Freisetzung von Signalmolekülen und die Entstehung von reaktiven Sauerstoffspezies (ROS) ein. Die Partikeltoxizität wird primär durch eine Entzündungsreaktion bewirkt, die dadurch gekennzeichnet ist,

### Kurz gefasst

Biobeständige Stäube stellen eine besondere Herausforderung für den Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz dar.

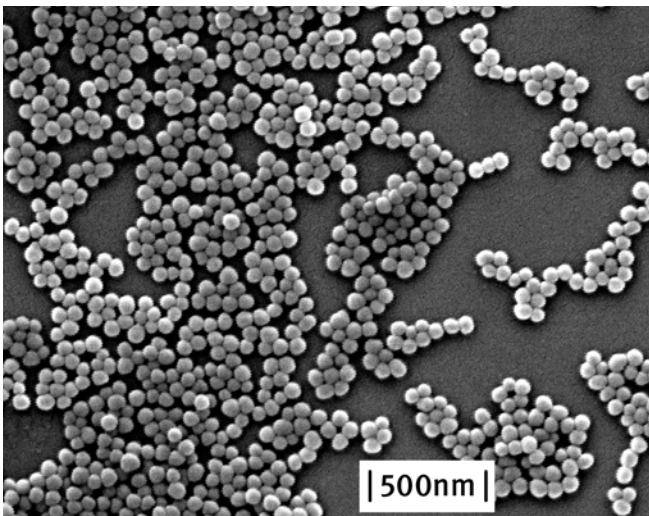
Viele Partikel sind nicht hinreichend auf ihre möglichen gesundheitlichen Effekte beim Menschen untersucht.

Im Verbundprojekt wurde untersucht, ob sich in einem *In-vitro*-Modell aufgrund verschiedener Partikelparameter, wie Größe, Form und Oberfläche Rückschlüsse auf gesundheitliche Auswirkungen ergeben.

dass lokal vermehrt Entzündungszellen einwandern. Daher erfolgten im IPA Untersuchungen mit dem hier entwickelten „Particle-Induced Chemotaxis Assay“ (PICMA). Mithilfe dieses Testsystems kann gezeigt werden, wie Entzündungszellen (Makrophagen und Granulozyten) durch Partikel angelockt werden. Man spricht hier von einer Chemotaxis. Die Aufnahme der Partikel durch die Zellen führt zu einer Entzündungsreaktion, die bei fortgesetzter Partikelexposition zur Zelltoxizität führt. Daher können mit dem PICMA solche spezifischen Wirkungen bereits unterhalb toxischer Partikelkonzentrationen mit hoher Sensitivität nachgewiesen werden (Schremmer et al. 2015, Westphal et al. 2015, 2019). Die *In-vitro*-Systeme erlauben es zudem, mit einem verhältnismäßig geringen Aufwand eine größere Anzahl unterschiedlicher Partikel qualitätsgesichert direkt vergleichend zu untersuchen.

### Testung häufig verwendeter Partikel

Die industriell häufig verwendeten granulären Partikel in Form von kristallinem und amorphem Siliciumdioxid (kurz Silika), Zinkoxid und Titandioxid (Anatas und Rutil sowie amorphe Formen) wurden in verschiedenen Größen vom Nano- bis zum Mikrometerbereich und in unterschiedlichen Formen wie Kugeln und Stäbchen synthetisiert und bezüglich ihrer Reinheit und Stabilität eingehend analytisch charakterisiert. Die biologischen Untersuchungen erfolgten in einer Zelllinie mit Zellen, die für die Reaktionen in den tiefen Atemwegen bestimmend sind (NR8383-Lungenmakrophagen). Die Makrophagen wurden den Partikeln *in vitro* ausgesetzt und die biologischen Reaktionen erfasst. Die gewonnenen Daten wurden abschließend hinsichtlich eines möglichen

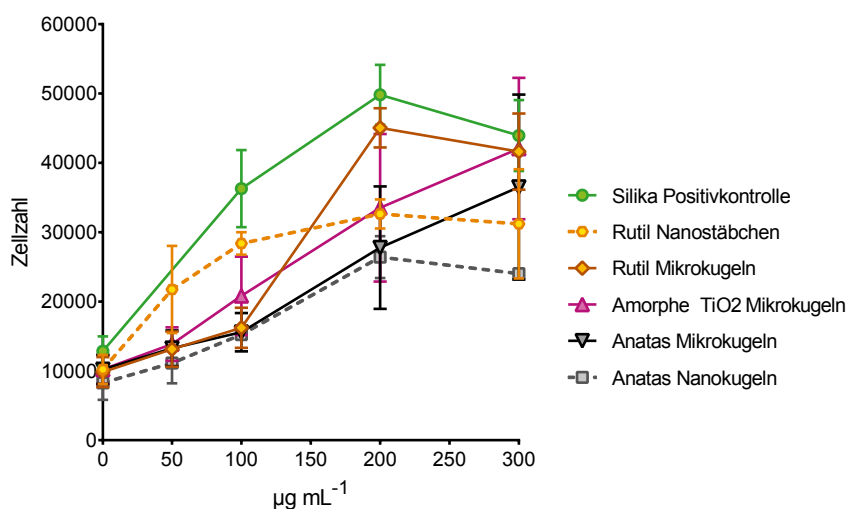


**Abb. 1** Elektronenmikroskopische Aufnahme von Silika-Nanopartikeln (Aufnahme Arbeitsgruppe Prof. Mathias Eppe, Institut für Anorganische Chemie, Universität Duisburg-Essen).

Zusammenhangs zwischen den Partikelparametern und der Stärke der Reaktionen wie Toxizität, Apoptose, ROS, Ausschüttung von Biomarkern der Entzündung sowie Partikel-induzierte Chemotaxis getestet.

### Physikalische Partikeleigenschaften zeigen keine Effekte auf Toxizität

In diesem Projekt konnten Silicumdioxid-, Zinkoxid- und Titandioxid-Partikel, teils in unterschiedlichen kristallinen Formen mit definierten Partikelformen und Größen erfolgreich synthetisiert werden. Die Partikelreinheit und Identität sowie deren kolloidale Partikelstabilität wurden bestätigt.



**Abb. 2**

Zahl gewanderter (migrierter) Zellen abhängig von der Partikeldosis. Die Partikel wurden in Konzentrationen zwischen 50 und 300 µg mL<sup>-1</sup> zu den NR-8383-Zellen gegeben. Die Daten sind als Mittelwert ± SD (n = 3) dargestellt aus drei unabhängigen Experimenten. Als Positivkontrolle dienten handelsübliche Silika-Nanopartikel.

Die *In-vitro*-Analyse der biologischen Zellreaktionen von chemisch identischen Partikeln ergab keine Hinweise auf wesentliche Unterschiede in Bezug auf deren Partikelgröße, Form und Oberfläche. Als Modell für entzündliche Partikelwirkungen in der Lunge sind in Abbildung 2 die Ergebnisse mit dem PICMA exemplarisch für die untersuchten Formen von Titandioxid dargestellt. Silika wird als Positivkontrolle verwendet, um die Vergleichbarkeit der Daten sicher zu stellen. Als Maß für die Entzündungswirkung dient die Anzahl eingewanderter dHL-60-Zellen. Hierbei handelt es sich um Zellen, die mit Granulozyten vergleichbar sind. Die dHL-60-Zellen folgen Signalmolekülen in den Zellüberständen, die nach Belastung von NR8383-Zellen mit TiO<sub>2</sub>-Partikeln erhalten wurden.

Abbildung 2 zeigt beispielhaft an den verschiedenen untersuchten Titandioxid-Partikeln die Ergebnisse mit dem PICMA, die in ähnlicher Form ebenfalls für Silicumdioxid- und Zinkoxid-Partikel erzielt wurden. Die verschiedenen Titandioxid-Partikel bewirken zwar unterschiedliche Zellmigrationen, die aber auf einem verhältnismäßig niedrigen Niveau liegen. Sie befinden sich unterhalb der Wirkungen der Silika-Positivkontrolle und korrelieren nicht mit bestimmten Partikeleigenschaften.

Auch hinsichtlich der untersuchten Zelltoxizität, der Apoptose, der Freisetzung von Signalmolekülen und der Entstehung von ROS wurden zwar unterschiedliche biologische Wirkungen beobachtet, die aber nicht mit besonderen Partikeleigenschaften verknüpft waren (Kersting et al. 2020; Olejnik, et al. 2021a, b). Auf Basis dieser Untersuchungsergebnisse scheint es daher nicht notwendig, bei der Festlegung von Grenzwerten für biobeständige granuläre Stäube deren physikalischen Eigenschaften, wie Größe, Form und Oberfläche über das bisherige Maß

hinaus zu berücksichtigen; auch wenn bislang nur eine begrenzte Anzahl von Partikeln in dieser Weise vergleichend untersucht werden konnten.

Zu ähnlichen Ergebnissen kommt ein tierexperimentelles Verbundprojekt zur toxikologischen Bewertung der granulären Nanopartikel Cerdioxid und Bariumsulfat im Niedrigdosisbereich. Zwei Langzeitinhalationsversuche bei der Ratte mit Cerdioxid und Bariumsulfat ergaben, dass granuläre Nanopartikel „keine besondere oder besonders hohe Gesundheitsgefahr“ im Vergleich zu entsprechenden mikroskaligen Partikeln aufweisen (BAuA 2022).

### Folgen für die Grenzwertsetzung

Die hier dargestellten *In-vitro*-Untersuchungsergebnisse zeigen in Ergänzung zu Ergebnissen anderer Autoren aus Tierversuchen hinsichtlich Größe, Form und Oberfläche chemisch identischer, granulärer Partikel keinen Einfluss auf die untersuchten biologischen Effekte. Es ist beabsichtigt, diese Ergebnisse in die regulatorischen Gremien einzubringen. Für eine abschließende generelle Bewertung des Einfluss der untersuchten Parameter sind vergleichende Untersuchungen zu weiteren Partikeln notwendig.

### Das Projektteam

#### Koordinierender Forschungsleiter

Prof. Dr. Matthias Epple  
Institut für Anorganische Chemie  
Universität Duisburg-Essen

#### Weitere Projektbeteiligte

Jun.-Prof. Dr. Christina Sengstock  
Prof. Dr. Manfred Köller  
Chirurgische Forschung  
Chirurgische Universitätsklinik  
Berufsgenossenschaftliches Universitätsklinikum  
Bergmannsheil

Prof. Dr. Jürgen Bünger  
Dr. Georg Johnen  
Dr. Daniel Weber  
PD Dr. Götz Westphal  
IPA

#### Die Autoren:

Prof. Dr. Thomas Brüning  
Prof. Dr. Jürgen Bünger  
Nina Rosenkranz  
PD Dr. Götz Westphal  
IPA

### Literatur

AGS: TRGS 527 <https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRGS/TRGS-527.html>

AGS Beurteilungsmaßstab für technisch gezielt hergestellte ultrafeine Stäube aus alveolengängigen granulären biobeständigen Stäuben ohne bekannte signifikante spezifische Toxizität (nanoskalige GBS) (A-Staub). 2015

BAuA. Informationspapier zur Nano InVivo Studie. 2022 <https://www.baua.de/DE/Aufgaben/Forschung/Forschungsprojekte/pdf/F2325-Informationspapier-NanoInVivo.html>

Kersting M, Olejnik M, Rosenkranz N, Loza K, Breisch M, Rostek A, Westphal G, Bünger J, Ziegler N, Ludwig A, Köller M, Sengstock C, Epple M. Subtoxic cell responses to silica particles with different size and shape. *Sci Reports* 2020; 10: 21591

Olejnik M, Breisch M, Sokolova V, Loza K, Prymak O, Rosenkranz N, Westphal G, Bünger J, Köller M, Sengstock C, Epple M. The effect of short silica fibers (0.3 µm · 3.2 µm) on macrophages. *Sci Tot Environ* 2021a; 769: 144575

Olejnik M, Kersting M, Rosenkranz N, Loza K, Breisch M, Rostek A, Prymak O, Schürmeyer L, Westphal G, Köller M, Bünger J, Epple M, Sengstock C. Cell-biological effects of zinc oxide spheres and rods from the nano- to the microscale at sub-toxic levels. *Cell Biol Toxicol* 2021b, 37: 573-593

Schremmer I, Westphal GA, Rosenkranz N, Bünger J. Partikel-induzierter Zellmigratoinstest (PICMA). *IPA-Journal* 2015; 03: 34-37

Westphal GA, Schremmer I, Rostek A, Loza K, Rosenkranz N, Brüning T, Epple M, Bünger J. Particle-induced cell migration assay (PICMA): A new in vitro assay for inflammatory particle effects based on permanent cell lines. *Toxicol In Vitro* 2015; 29: 997-1005

Westphal GA, Rosenkranz N, Brik A, Weber DG, föhring I, Monsé C, Kaisern N, Hellack B, Mattenklott M, Brüning T, Johnen G, Bünger J. Multi-walled carbon nanotubes induce stronger migration of inflammatory cells in vitro than asbestos or granular particles but a similar pattern of inflammatory mediators. *Toxicol In Vitro* 2019; 58: 215-233



# Sonnenschutz: Human-Biomonitoring für UV-Filter

Neuentwickelte Biomarker für die Expositionsabschätzung gegenüber organischen UV-Filtern aus Sonnenschutzmitteln



Daniel Bury, Katharina E. Ebert, Rebecca K. Moos,  
Stephanie Zülz, Kathrin Papadopoulos, Thomas Brüning,  
Tobias Weiß, Holger M. Koch

*Als wirksame Inhaltsstoffe enthalten Sonnenschutzmittel UV-Filter, von denen einige erwiesenermaßen auch in den Körper aufgenommen werden können. Die Frage möglicher gesundheitlicher Gefährdungen durch die Aufnahme solcher Stoffe ist bislang nicht hinreichend geklärt. Als Basis für eine objektive Expositionsbewertung werden im Bereich Human-Biomonitoring des IPA Verfahren für die derzeit gebräuchlichsten organischen UV-Filter entwickelt. Diese erlauben es, die aufgenommenen Mengen der UV-Filter abzuschätzen und ein mögliches Risiko zu bewerten.*

## Einsatz von Sonnenschutzmitteln in der Prävention

Die Schädigung der Ozonschicht und die klimaschädliche Wirkung von Treibhausgasen haben auch in Deutschland zu einer Zunahme der Belastung gegenüber UV-Strahlung geführt (Baldermann und Lorenz 2019). Um Beschäftigte, die im Freien arbeiten, vor UV-Strahlung zu schützen, werden neben technischen und organisatorischen Maßnahmen persönliche Schutzmaßnahmen wie das Tragen von langärmeliger Kleidung und auch Sonnenschutzmittel eingesetzt. Als

wirksame Bestandteile enthalten diese Mittel mineralische/anorganische und/oder organische – häufig als „chemisch“ bezeichnete – UV-Filter. Für einige der organischen UV-Filter ergaben sich jedoch Hinweise auf hormonartige Wirkung aus *In-vitro*-Studien (Kunz und Fent 2006). Dazu gehören die Substanzen Octocrylen (OC), 2-Ethylhexylsalicylat (EHS) und Homosalat (HMS). Die Europäische Chemikalienagentur (ECHA) hat deshalb diesbezüglich aktuell von den Herstellern, Tierversuchsdaten für EHS und HMS nachgefordert (European Chemicals Agency; European Chemicals Agency).



## Kurz gefasst

Verschiedene in Sonnenschutzmitteln eingesetzte organische UV-Filter stehen im Verdacht, eine hormonartige Wirkung zu entfalten.

Das IPA untersucht die Toxikokinetik von UV-Filtern und entwickelt Verfahren zur Bestimmung ihrer Stoffwechselprodukte.

Die so erhaltenen Daten bieten die Grundlage für eine Expositionserfassung und Risikobewertung für einige der gängigsten organischen UV-Filter.



Für eine robuste Risikobewertung des Einsatzes von UV-Filtern ist die Kenntnis der Höhe der Exposition durch die organischen UV-Filter wie OC, EHS und HMS notwendig. Da deren Aufnahme sicherlich überwiegend über die Haut erfolgt, ist das Human-Biomonitoring (HBM) die Methode der Wahl, um Stoffwechselprodukte, die aus den aufgenommenen UV-Filtern gebildet werden, im Urin zu bestimmen (Abb. 1). Dabei ist es unerheblich, ob die UV-Filter über die Haut, über Schleimhäute im Gesicht, über den Mund (durch Hand-Mund-Kontakt oder die Anwendung von Lippenpflegemitteln mit UV-Schutz), oder den Verzehr kontaminierter Nahrung aufgenommen wurden.

Um zu bestimmen, wie groß die Menge an UV-Filter ist, die tatsächlich in den Körper aufgenommen wurde, muss bekannt sein, welcher Anteil als Stoffwechselprodukt mit dem Urin ausgeschieden wird. Dies wird vorab im Rahmen von Studien zum Stoffwechsel und zur Ausscheidung in sogenannten Toxikokinetik-Studien beim Menschen untersucht.

### Human-Biomonitoring für UV-Filter am IPA

Im IPA werden fortlaufend neue Verfahren für das HBM von UV-Filtern entwickelt. Für die UV-Filter OC, EHS und HMS wurden bereits in Toxikokinetik-Studien beim Menschen verschiedene Stoffwechselprodukte erstmals



**Abb. 1** In Sonnenschutzmitteln enthaltene UV-Filter können in den Körper aufgenommen werden. Die im Körper gebildeten Stoffwechselprodukte werden mit dem Urin ausgeschieden. Die Analyse dieser Stoffwechselprodukte im Urin mittels moderner analytischer Verfahren (Hochleistungsflüssigchromatographie gekoppelt mit Tandem-Massenspektrometrie) ermöglicht es, die Belastung mit den UV-Filtern zu ermitteln.

### Info

Im Human-Biomonitoring des IPA laufen aktuell Untersuchungen zu folgenden UV-Filtern:

- Octocrylen (auch: Octocriolen, **OC**)
- 2-Ethylhexylsalicylat (auch: Octisalate, **EHS**)
- Homosalat (auch: Homomenthylsalicylat, **HMS**)
- Avobenzon (auf Kosmetika-Verpackungen wird die INCI-Bezeichnung „Butyl Methoxydibenzoylmethane“ verwendet, **AVO**)

beschrieben und deren Ausscheidung quantitativ untersucht. Hierbei handelt es sich in den meisten Fällen nicht um Spaltprodukte, sondern um Modifikationen der UV-Filter-Strukturen, weshalb eine Bildung aus anderen Fremdstoffen oder körpereigenen Stoffen praktisch ausgeschlossen werden kann. Somit ist ihr Auftreten im Urin spezifisch für die Belastung gegenüber dem jeweiligen UV-Filter. Dies ist eine wichtige Voraussetzung für den Einsatz als Expositions-Biomarker. Im Zuge der Toxikokinetik-Studien wurden verschiedene empfindliche und selektive Verfahren für die Analyse dieser, bis dahin

unbekannten, Stoffwechselprodukte als Expositions-Biomarker im Urin entwickelt und validiert. Verschiedene Methoden, ebenso wie die Ergebnisse der Toxikokinetik-Studien wurden bereits in internationalen Fachzeitschriften veröffentlicht (Bury et al. 2018; Bury et al. 2019a; Ebert et al. 2021; Bury et al. 2019c; Bury et al. 2019b).

Mit den am IPA bereits entwickelten Analyseverfahren ist es möglich, die Aufnahme von UV-Filtern in den Körper auch in geringsten Mengen nachzuweisen. Im Zusammenspiel mit den Erkenntnissen zum Ausscheidungsverhalten beim Menschen kann sehr genau auf die individuelle Aufnahme des UV-Filters zurückgerechnet werden. So kann die individuelle Belastung von Beschäftigten zum Beispiel im Baugewerbe oder dem Garten-Landschaftsbau, oder aber die durchschnittliche Belastung ganzer Bevölkerungsgruppen beurteilt werden. Darüber hinaus wird bei Vorliegen toxikologisch begründeter Grenzwerte für die gemessenen Stoffwechselprodukte im Urin zukünftig auch eine robuste Risikobewertung möglich sein. Aktuell gibt es noch keine Grenzwerte für die untersuchten UV-Filter. Die Untersuchungen zur Human-Toxikokinetik und die Entwicklung der HBM-Methoden für die UV-Filter OC, EHS, HMS und Avobenzon werden im Rahmen eines großangelegten Kooperationsprojekts zwischen dem Bundesumweltministerium und dem Verband der Chemischen Industrie durchgeführt, um die Grundlagen zur Ableitung



von Grenzwerten zu schaffen. Für Substanzen aus diesem Projekt, werden bei ausreichender Datenlage üblicherweise toxikologisch begründete Grenzwerte für das HBM durch die Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes festgelegt.

## Laufende Projekte

Aktuell finden noch Arbeiten zum HBM des UV-Filters Avobenzon (AVO) statt. Im Rahmen einer Toxikokinetik-Studie an Freiwilligen wurde bereits eine Reihe von Stoffwechselprodukten mittels eines Screening-Verfahrens identifiziert und einige dieser Stoffwechselprodukte als analytische Standards hergestellt. Die Entwicklung und Validierung eines Analyseverfahrens für die Bestimmung dieser AVO-Stoffwechselprodukte im Urin stehen kurz vor dem Abschluss. Zudem wird aktuell die Erforschung des Stoffwechsels von HMS um eine weitere Studie ergänzt, die untersucht ob orale beziehungsweise dermale Aufnahmewege zu Unterschieden im Stoffwechsel führen.

Kürzlich wurden die am IPA entwickelten HBM-Verfahren für OC und EHS in zwei großen Kollektiven der Allgemeinbevölkerung – bestehend aus dem Material der Umweltprobenbank des Bundes (UPB) und der Deutschen Umweltstudie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen (GerES V) – angewendet. Aktuell werden die Daten

ausgewertet. In den UPB-Proben werden hier insbesondere zeitliche Trends in der Belastung gegenüber diesen UV-Filtern in der deutschen Bevölkerung untersucht. Die Untersuchungen der GerES V-Proben hingegen ermöglichen einen repräsentativen Überblick über die Höhe der Belastung von Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Sie tragen so zur Bildung einer Datenbasis für umweltbedingte Hintergrundbelastungen gegenüber UV-Filtern bei. Die Kenntnis solcher Hintergrundbelastungen ist auch im Kontext der Bewertung von Belastungen z.B. im Rahmen der Primärprävention hilfreich.

### Die Autoren:

Prof Dr. Thomas Brüning  
 Dr. Daniel Bury  
 Katharina E. Ebert, M. Sc.  
 Dr. Holger M. Koch  
 Dr. Rebecca K. Moos  
 Kathrin Papadopoulou, M.Sc.  
 Dr. Tobias Weiß  
 Stephanie Zülz  
 IPA

## Literatur

Baldermann C, Lorenz S. UV-Strahlung in Deutschland: Einflüsse des Ozonabbaus und des Klimawandels sowie Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung. Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz 2019; 62: 639–645 DOI: 10.1007/s00103-019-02934-w.

Bury D, Belov VN, Qi Y, Hayen H, Volmer DA, Brüning T, Koch HM. Determination of urinary metabolites of the emerging UV filter octocrylene by online-SPE-LC-MS/MS. Anal Chem 2018; 90: 944–951. DOI: 10.1021/acs.analchem.7b03996.

Bury D, Brüning T, Koch HM. Determination of metabolites of the UV filter 2-ethylhexyl salicylate in human urine by online-SPE-LC-MS/MS. J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci 2019a; 1110-1111: 59–66 DOI: 10.1016/j.jchromb.2019.02.014.

Bury D, Griem P, Wildemann T, Brüning T Koch H. Urinary Metabolites of the UV filter 2-Ethylhexyl Salicylate as Biomarkers of Exposure in Humans. Toxicol Lett 2019b; 309: 35–41 DOI: 10.1016/j.toxlet.2019.04.001.

Bury D, Modick-Biermann H, Leibold E, Brüning T, Koch HM. Urinary metabolites of the UV filter octocrylene in humans as biomarkers of exposure. Arch Toxicol 2019c; 93: 1227–1238 DOI: 10.1007/s00204-019-02408-7.

Ebert KE, Belov VN, Weiß T, Brüning T, Hayen H, Koch HM, Bury D. Determination of urinary metabolites of the UV filter homosalate by online-SPE-LC-MS/MS. Anal Chim Acta 2021; 1176: 338754 DOI: 10.1016/j.aca.2021.338754.

European Chemicals Agency: Decision number: CCH-D-2114386909-26-01/F.

European Chemicals Agency: Decision number: CCH-D-2114387555-36-01/F.


Kunz P, Fent K. Multiple hormonal activities of UV filters and comparison of in vivo and in vitro estrogenic activity of ethyl-4-amino-benzoate in fish. AquatToxicol 2006; 79: 305–324. DOI: 10.1016/j.aquatox.2006.06.016.





# Allergie und Klimawandel im Fokus

Umwelt, Klimawandel, Exposition –  
Einfluss auf allergische Erkrankungen

 Monika Raulf

*Im Mai fand das Symposium zu Umweltfaktoren und deren Einfluss auf allergische Erkrankungen statt. Organisiert wurde es von der Sektion Umwelt- und Arbeitsmedizin der Deutschen Gesellschaft für Allergologie und klinische Immunologie (DGAKI) gemeinsam mit der wissenschaftlichen Arbeitsgemeinschaft Umweltmedizin der Gesellschaft für Pädiatrische Allergologie und Umweltmedizin (GPA). Stellvertretende Sprecherin der Sektion ist Prof. Dr. Monika Raulf, Leiterin der Abteilung Kompetenz-Zentrum Allergologie/Immunologie im IPA.*





Teilnehmende des Symposiums  
„Umwelt, Klimawandel, Exposition –  
Einfluss auf allergische Erkrankungen“

Der Klimawandel und seine Folgen wirken sich vielfältig auf die Lebensbedingungen des Menschen und damit auf seine Gesundheit und das Wohlbefinden aus. Neben indirekten gesundheitlichen Risiken, die zum Beispiel durch Wassermangel oder der Verschlechterung der Luftqualität entstehen, wird in den europäischen Ballungszentren das unmittelbare Gesundheitsrisiko durch Hitzeextreme deutlich ansteigen. Begünstigt durch verlängerte Vegetationsperioden aufgrund der steigenden Temperaturen kann es dabei auch zu einem verstärkten und frühzeitig einsetzenden Pollenflug kommen. Der wiederum belastet zusätzlich die Gesundheit vieler Menschen und kann Auslöser für Rhinitis, Asthma sowie akute Atemwegserkrankungen sein. Klimaveränderungen verbunden mit steigenden Temperaturen begünstigen auch die Zunahme von vektorübertragenen Krankheiten, einerseits durch Krankheitserreger, die bereits in Deutschland heimisch sind, andererseits können sich auch Überträger verbreiten, die bislang in unseren Breiten temperaturbedingt nicht heimisch waren. Diese und weitere Umweltfaktoren, die insbesondere das Allergiegesehen auf vielfältige Weise beeinflussen können, waren Thema des Symposiums. Referenten und Referentinnen aus dem europäischen Raum beleuchteten die Auswirkungen des Klimawandels. Im Fokus standen dabei Luftschadstoffe, extreme Wetterlagen, UV-Strahlung und vektorübertragene Krankheiten. Veränderungen und Belastungen in Außen- und Innenräumen sowie an speziellen

Arbeitsplätzen und ihre Effekte auf Allergien. Ebenfalls thematisiert wurden die Auswirkungen von Klimastress auf die quantitative Zusammensetzung und verlängerte Einwirkzeit von Pollen. Bei den Innenraumallergenen standen Milben, tierische Allergene und Schimmelpilze sowie auch andere Bioaerosolexpositionen im Fokus. Dabei wurde mit Blick auf mögliche Gefährdungen insbesondere bei Schimmelpilzexpositionen auch zwischen allgemein wahrgenommener und realer Gefährdung unterschieden.

Weitere Themen waren Belastungen durch den sogenannten „Western-Lifestyle“, wobei Ernährung, Bewegungsmangel und überwiegender Aufenthalt in Innenräumen eine Rolle spielen. Zum Western-Lifestyle gehört auch die intensive Verwendung von Wasch- und Reinigungsmitteln. In diesem Zusammenhang wurde auch der Frage nachgegangen, ob Schädigungen der epithelialen Barriere durch diese Substanzen mitverantwortlich für die Auslösung der Allergie-Epidemie sein könnten. Ebenfalls wurde diskutiert, was wir aus Umweltstudien für die Allergieprävention lernen können. *Last but not least* wurden konkrete Ansätze zu Allergie-protectiven Faktoren vorgestellt.

---

**Die Autorin:**  
Prof. Dr. Monika Raulf  
IPA

## Interview

# Der Klimawandel und seine Auswirkungen auf Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit



Interview mit Prof. Manigé Fartasch, IPA und Prof. Thomas Alexander, BAuA

---



*Der Klimawandel beeinflusst schon heute viele unserer Lebensbereiche. Auch die Sicherheit und die Gesundheit bei der Arbeit sind davon betroffen. Wie die Auswirkungen aussehen und wie man ihnen begegnen kann, darüber sprach das IPA Journal mit Prof. Dr. Manigé Fartasch, Bereichsleiterin „Klinische und experimentelle Berufsdermatologie“ im IPA und Prof. Dr. Thomas Alexander, Fachbereichsleiter „Produkte und Arbeitssysteme“ der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA).*



**„Sonnenschutz muss ‚cool‘ werden.“**

*Prof. T. Alexander*



Prof. Dr. Manigé Fartasch



Prof. Dr. Thomas Alexander

***Bereits heute sind in Deutschland an verschiedenen Stellen die Auswirkungen des Klimawandels bemerkbar. Anfang Februar hat die BAuA eine Fachgesprächsreihe mit Expertinnen und Experten zum Thema „Arbeitsschutz im Klimawandel“, unter anderem zur solaren UV-Belastung bei Arbeit im Freien organisiert. Prof. Alexander, welche Ziele haben Sie mit diesem Gespräch verfolgt?***

**Prof. Alexander:** In der Tat stellen die Klimabedingungen bereits jetzt Herausforderungen an den Arbeitsschutz zum Beispiel in Form der Sommerhitze. Arbeiten muss natürlich auch in Zeiten des Klimawandels weiterhin sicher und gesund möglich sein. Hierzu haben wir diese Fachgesprächsreihe mit Expertinnen und Experten aus der Forschung, der betrieblichen Praxis, den Unfallversicherungen und beteiligten Ressorts ins Leben gerufen. Fokussiert haben wir uns auf drei Leitfragen. Erstens: Welcher Forschungsbedarf besteht zu den Wirkungen solarer UV-Strahlung beziehungsweise der Wirkung des gesamten Sonnenspektrums auf Beschäftigte im Freien? Zweitens: Inwiefern müssen die Maßnahmen zum Schutz vor solarer UV-Strahlung weiterentwickelt werden oder reichen die heute bereits etablierten Maßnahmen auch zukünftig aus? Die 3. Frage war für uns als Bundesanstalt besonders wichtig: Besteht Bedarf an einer Anpassung oder Ergänzung der gesetzlichen und untergesetzlichen Regelungen des Arbeitsschutzes mit Hinblick auf die solare UV-Belastung von Beschäftigten im Freien in Zeiten des Klimawandels?

***Wo sehen Sie hier die größten Herausforderungen für die Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit?***

**Prof. Alexander:** Wir erleben es ja gerade selbst: Die Sonne scheint an deutlich mehr Tagen im Jahr als früher, es ist merklich wärmer geworden, und wir halten uns bereits früher im Jahr und generell länger draußen in der Sonne auf. Das bedeutet für Beschäftigte, die im Freien arbeiten, dass ihre Belastung durch die solare UV-Strahlung schon heute zugenommen hat und im Klima-

wandel sehr wahrscheinlich auch noch weiter zunimmt. Betroffen davon sind zum Beispiel Beschäftigte im Hoch- und Tiefbau, im Garten- und Landschaftsbau, in der Land- und Forstwirtschaft. Diese Liste ließe sich noch beliebig erweitern und umfasst zukünftig wahrscheinlich auch Beschäftigte in anderen Branchen, die mobil mehr draußen arbeiten werden. Das ist dann eine sehr inhomogene Gruppe, die wir mit unseren Maßnahmen erreichen müssen. Bislang ist das Risikobewusstsein in der Allgemeinbevölkerung gegenüber den Gefährdungen durch Sonnenstrahlung allerdings noch recht gering. So ein Sonnenbrand wird zwar schon als Warnzeichen verstanden, aber eigentlich ist es ja dann schon zu spät, da bereits eine Schädigung eingetreten ist. Wir müssen es schaffen, die Beschäftigten für präventive Schutzmaßnahmen zu sensibilisieren.

**Prof. Fartasch:** Ich möchte den Punkt ‚Intensität der UV-Strahlung‘ noch vertiefen. Gerade im Frühjahr, wo die Temperaturen noch sehr angenehm sind, kann die UV-Intensität bereits sehr hoch sein. Viele Menschen unterschätzen das, denn wir nehmen zwar die Wärme wahr, aber nicht die UV-Strahlung. Dies betrifft natürlich Outdoorworker in besonderem Maße. Und was man auch nicht vergessen darf: Problematisch ist nicht nur der Sonnenbrand. Alleine um eine Bräunung der Haut zu erreichen, braucht man ungefähr zwei Drittel der UV-Erythem-Dosis, also der sogenannten Sonnenbrand-Dosis, die bereits ebenfalls die Haut schädigt. Der Satz „ich bräune sehr gut, ich brauche mich beim Arbeiten draußen nicht zu schützen“, ist ein Fehlschluss. Es gibt keine „gesunde Bräune“.

***Angesichts des Klimawandels, welche Risiken durch die zunehmende UV-Strahlung-Belastung gibt es? Werden bestimmte Erkrankungen der Haut zunehmen und wenn ja, welche sind das?***

**Prof. Fartasch:** Bekannt ist, dass maligne Erkrankungen der Haut zunehmen werden, insbesondere der helle





## „Es gibt keine ‚gesunde Bräune‘.“

Prof. M. Fartasch

### Info

#### UV-Index

Der von der WHO definierte UV-Index ist ein Maß für die sonnenbrandwirksame UV-Strahlung. Die UV-Index-Werte reichen von 0 bis 11 und darüber hinaus. Je höher der UV-Index ist, desto schneller kann ein Sonnenbrand auftreten. Der UV-Index ist eine Orientierungshilfe zur Beantwortung der Frage, welche Sonnenschutzmaßnahmen wann ergriffen werden sollten. Laut WHO werden ab einem UV-Index-Wert von 3 Schutzmaßnahmen empfohlen. Ab einem UV-Index von 6 liegt ein hohes Sonnenbrandrisiko vor.

Hautkrebs. Wobei wir unterscheiden müssen, zwischen dem hellen und dem sogenannten schwarzen Hautkrebs. Beim hellen Hautkrebs handelt es sich um Basalzellkarzinome und Plattenepithelkarzinome. Ersterer ist der häufigste maligne Tumor im Bereich der Haut. Das Plattenepithelkarzinom hat Frühformen, die sogenannten aktinischen Keratosen, mit denen eine Früherkennung möglich ist.

Die Hautkrebsrate hat sich seit dem Jahr 2000 verdoppelt. Wir können hier, glaube ich zurecht, von einer Lawine sprechen, die da in den kommenden Jahren auf uns zurollt, denn bei den jetzt gemeldeten Hautkrebs-erkrankungen erfolgten die eigentlichen Schädigungen Jahre zuvor. Darum ist es umso wichtiger, dass wir jetzt etwas tun. Durch entsprechende Prävention, wie der Anwendung von Sonnenschutz, das Tragen langärmliger Kleidung etc. können wir verhindern, dass die Haut noch weiter geschädigt wird. Die Situation verschärft sich noch dadurch, dass mit zunehmendem Alter auch

die Regenerationsmechanismen der Haut, die die gesetzten Schäden am Erbgut der Hautzellen reparieren, nachlassen. Auch beschleunigt Sonneneinstrahlung die Alterung der Haut.

**Für den Schutz von beruflichen UV-Schädigungen werden verschiedene Maßnahmen empfohlen. Welche Erfahrung haben Sie, Prof. Alexander, mit der Umsetzung in der Praxis sammeln können?**

**Prof. Alexander:** Dazu haben wir mehrere Untersuchungen und Forschungsaktivitäten durchgeführt. Allgemein gilt bei dem Schutz vor beruflichen UV-Schädigungen das TOP-Prinzip, also technisch-organisatorische und dann personenbezogene Maßnahmen. Ganz wichtig beim Thema UV-Schädigung sind allerdings nicht nur die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen, sondern auch deren Praxistauglichkeit und Akzeptanz. Insbesondere bei dem letzten Punkt gibt es Defizite. Bei der Erwerbstätigenbefragung der BAuA und des Bundesinstituts für Berufsbildung 2018 hat sich bereits gezeigt, dass nur 39% der Beschäftigten im Außenbereich regelmäßig über die Gefährdung durch solare UV-Strahlung unterwiesen werden und dabei nicht alle betroffenen Beschäftigten gleichermaßen eine regelmäßige Unterweisung erhalten. Vergleichsweise häufiger finden diese Unterweisungen bei Erwerbstätigen in der Hoch- und Tiefbaubranche, in größeren Betrieben und in Betrieben, in denen ein Betriebs- und Personalrat vorhanden ist, statt. Es zeigte sich auch, dass in Betrieben, in denen in den letzten zwei Jahren Maßnahmen zur Gesundheitsförderung durchgeführt wurden, entsprechende Gefährdungen verstärkt thematisiert werden. Wichtig ist, dass Konzepte erarbeitet werden, um die betroffenen Berufsgruppen auch in Zeiten des Klimawandels noch besser zu erreichen und mit flankierenden Maßnahmen zu unterstützen. Im Expertengespräch wurde hier beispielsweise angeregt, bereits in der Berufsschule bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen mit der Präventionsarbeit zu beginnen, um sie so für diese Gefährdungen zu sensibilisieren. Sonnenschutz muss „cool“ werden.



**Welche Rolle spielt die Gefährdungsbeurteilung in diesem Zusammenhang und sind die Arbeitgebenden darauf ausreichend vorbereitet?**

**Prof. Alexander:** Die Gefährdungsbeurteilung ist ein ganz zentrales Element zu dem Arbeitgebende nach § 5 Arbeitsschutzgesetz verpflichtet sind. Hierbei müssen die betrieblichen Rahmenbedingungen im Einzelfall mitberücksichtigt und die Maßnahmen – wenn erforderlich und sinnvoll – angepasst werden. Bei der Gefährdungsbeurteilung geht es, bevor die Schutzmaßnahmen ausgewählt werden, auch darum, wie die Gefährdungen ermittelt werden können. Bei der UV-Strahlung bietet sich der UV-Index an (s. Info-Kasten). Für Arbeitgebende gilt es dann, im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung passende Schutzmaßnahmen zu ergreifen, die dem TOP-Prinzip folgen sollen, aber an die Gegebenheiten angepasst sind. Bei großflächigen Arbeitsbereichen lassen sich technische Maßnahmen wie ein Zeltdach oder Sonnensegel draußen allerdings nur schwer umsetzen. Folglich sind hier weitere organisatorische und persönliche Schutzmaßnahmen zu treffen.

Zu den organisatorischen Maßnahmen zählen zum Beispiel, Pausenzeiten im Schatten, besser noch in Innenräumen durchzuführen oder möglichst früh morgens mit der Arbeit zu beginnen, wenn die Sonneneinstrahlung noch nicht zu stark ist. Und nicht zuletzt sind da noch die personenbezogenen Maßnahmen zu nennen. Dazu gehören das Tragen entsprechend schützenswerter Kleidung, wie Langarmshirts und langen Hosen, Kopfbedeckungen, am besten mit Nackenschutz sowie einer Sonnenbrille, und das ergänzende Auftragen von Sonnenschutzcreme, zum Beispiel im Gesicht oder an den Händen.

Ganz wichtig ist die Unterweisung. Hierzu gibt es Handreichungen der DGUV aber auch der BAuA, so dass sie auch von kleineren und mittleren Unternehmen leicht

durchgeführt werden können. Hierbei ist es natürlich wichtig, dass die Beschäftigten im Rahmen der Unterweisung von der Effektivität der Maßnahmen überzeugt werden, um sie entsprechend zu akzeptieren und einzusetzen. Gerade bei kleineren und mittleren Unternehmen packt die Führungskraft ja häufig selbst mit an. Hier sollte man sich seiner Vorbildfunktion immer bewusst sein und mit gutem Beispiel, auch was den Sonnenschutz betrifft, vorangehen.

Grundsätzlich ist für Gefährdungsbeurteilungen der gesetzliche Rahmen vorgegeben. Aber insbesondere für Tätigkeiten im Außenbereich besteht noch Konkretisierungsbedarf. Der Ausschuss für Arbeitsstätten (ASTA) erarbeitet gerade eine technische Regel für Arbeitsplätze in nicht allseits umschlossenen Arbeitsstätten und für Arbeitsplätze im Freien. In dieser wird konkretisiert, wie die vorliegenden Gefährdungen zu beurteilen und welche Maßnahmen zu ergreifen sind. Bei der Erstellung arbeiten die BAuA, die Unfallversicherungen, die Länder, die Wissenschaft wie auch die Arbeitgeber- und Arbeitnehmervertreter mit.

**Wie sehen Sie die betriebsmedizinischen und berufsdermatologischen Möglichkeiten der Prävention von UV-Schädigungen der Haut in Folge einer beruflichen Exposition?**

**Prof. Fartasch:** Seit 2019 gibt es das Angebot einer Vorsorge nach der Arbeitsmedizinischen Regel (AMR) 13.3 „Tätigkeiten im Freien mit intensiver Belastung durch natürliche UV-Strahlung von regelmäßig einer Stunde oder mehr je Tag“. Davon sind natürlich alle Beschäftigten im Außenbereich mehr oder weniger betroffen, wobei definiert ist, dass die Tätigkeiten im Freien an ca. 50 Arbeitstagen zwischen April und September und von 10 bis 15 Uhr stattfinden. Nach Schätzungen betrifft dies in Deutschland zwischen fünf und sechs Millionen Outdoorworker, denen die entsprechende Vorsorge



**Abb. 1** Empfohlene Dosis an Sonnencreme, die benötigt wird, um das Gesicht entsprechend zu schützen.

anzubieten ist. Diskutiert wird in diesem Zusammenhang, ob man statt einer Angebots- doch besser eine Pflichtvorsorge einführen sollte. Letztere wäre deshalb sinnvoll, da insbesondere bei den jungen Beschäftigten ein Bewusstsein geschaffen werden könnte, wie man sich entsprechend schützen kann. Der ausgelobte Lichtschutzfaktor eines Lichtschutzpräparates ist nur bei Auftrag der empfohlenen Dosis von 2 mg/cm<sup>2</sup> zu erwarten. Das ist natürlich schon eine sehr große Menge und hält möglicherweise den ein oder anderen davon ab, sich überhaupt einzucremen (s. Abb. 1).

**Frau Prof. Fartasch, welche Therapieoptionen gibt es für Menschen, die an hellem Hautkrebs infolge der Sonneneinstrahlung erkrankt sind?**

**Prof. Fartasch:** Bei den Frühformen des hellen Hautkrebses, den aktinischen Keratosen, gibt es unterschiedliche therapeutische Maßnahmen. Entweder durch Läsions-bezogene Maßnahmen, das sind topisch-medikamentöse Maßnahmen, die für den Zeitraum von einem oder mehreren Monaten oder kürzer angewendet werden oder durch z.B. Laser-therapeutischen Maßnahmen. Bestehen bereits Veränderungen der Haut durch die UV-Strahlung ist das Auftragen von Sonnenschutz auch eine Art der Therapie, weil sich so leichtere aktinische Keratosen von selbst zurückbilden können. Der eigentliche helle Hautkrebs tritt als Spätfolge in der Regel erst viele Jahre nach der beruflichen Außentätigkeit auf.

**Sonneneinstrahlung bedeutet ja nicht nur die Belastung des menschlichen Körpers mit schädlicher UV-Strahlung sondern auch mit zunehmenden Außentemperaturen. Gibt es hierzu schon Regelungen, wie man dem begegnen kann?**

**Prof. Alexander:** Ja, das Thema Hitzebelastung ist ein Aspekt, den wir in einem weiteren Expertengespräch gesondert adressiert haben. Dabei handelte es sich hauptsächlich um Tätigkeiten in überwärmten Gebäuden im Sommer. Hitze ist ebenfalls ein Thema bei Tätigkeiten im Außenbereich. Hier muss man noch berücksichtigen, dass durch intensive körperliche Tätigkeiten, wie wir sie bei Outdoorworkern häufig antreffen, sehr viel Wärme vom Körper produziert wird. Durch die höheren Lufttemperaturen infolge des Klimawandels kann es unter anderem zu einer höheren Belastung des Herz-Kreislauf-Systems kommen. Ein möglicher Elektrolytverlust infolge des Schwitzens kann innere Organe wie Herz, Nieren und auch das Gehirn beeinträchtigen. Als Folge können Einschränkungen der physischen und der kognitiven Leistungsfähigkeit auftreten. Auch hier müssen dann Schutzmaßnahmen nach dem TOP-Prinzip eingesetzt

werden: Wie zum Beispiel, nicht zur Mittagszeit draußen zu arbeiten und für eine ausreichende Flüssigkeitszufuhr zu sorgen. Bei unserem Expertengespräch wurde aber deutlich, dass hinsichtlich der Hitze- und Wärmebelastung schon eine Vielzahl von Erkenntnissen vorliegen. Auch die Regularien des Arbeitsschutzes greifen bereits jetzt, wie beispielsweise die Arbeitsstättenregel ASR A 3.5 zur Raumtemperatur. Hier wird die von mir bereits erwähnte neue Arbeitsstättenregel, die neben Arbeitsplätzen im Freien um nicht allseits umschlossene Arbeitsplätze ergänzt wird, sicherlich sehr hilfreich sein.

**Wo sehen Sie weiteren Handlungsbedarf im Hinblick auf die Auswirkungen des Klimawandels?**

**Prof. Fartasch:** Benötigt werden Grenzwerte für die natürliche UV-Belastung am Arbeitsplatz. Außerdem müssen Maßnahmen zur Stärkung des Risikobewusstseins weiterentwickelt werden. Auch die rechtlichen Regelungen sollten im Hinblick auf die Etablierung einer Pflichtvorsorge noch einmal überprüft werden.

Forschungsbedarf sehe ich insbesondere mit Blick auf die Ermittlung der tatsächlichen Exposition bei Outdoorarbeitsplätzen. Hier hat die Genesis-Studie des Instituts für Arbeitsschutz der DGUV (IFA) schon wichtige Erkenntnisse geliefert. Wir müssen aber auch wissen, welche Belastungen in der Freizeit tatsächlich entstehen und wie wir den Arbeits- und den Freizeitbereich entsprechend differenziert erfassen können.

**Prof. Alexander:** Mit Blick auf den Klimawandel sollte die Diskussion um verbindliche Expositionsgrenzwerte für solare UV-Strahlung am Arbeitsplatz erneut aufgenommen werden, da kann ich Frau Fartasch nur unterstützen. Dies wurde auch noch einmal in unserer Fachgesprächsreihe deutlich. Präventions- und Schutzmaßnahmen müssen weiterentwickelt werden, um Akzeptanz und Bewusstsein zu schaffen.

Der Arbeitsschutz muss kurz- und mittelfristig auf den Klimawandel reagieren. Denn selbst, wenn die Welt es schafft ihn zu stoppen, müssen wir trotzdem heute schon auf die aktuellen Auswirkungen reagieren, damit die Beschäftigten sicher und gesund arbeiten können.

---

Das Interview führten Prof. Thomas Brüning und Dr. Monika Zaghaw, IPA



# Mit individuellen Präventionspaketen zum Erfolg

InterWeld-Studie untersucht Prävention an Schweißarbeitsplätzen

*Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) sollen Beschäftigte vor gesundheitlichen Gefahren am Arbeitsplatz schützen. Beim Metallschweißen, wo verschiedene Gefahrstoffe freigesetzt werden, ist die Einhaltung der aktuellen Vorgaben mitunter nur schwer zu erreichen. Mit der InterWeld-Studie will das IPA mit Unterstützung der Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM), der Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse (BG ETEM) und des Instituts für Arbeitsschutz der DGUV (IFA) die Machbarkeit und Wirksamkeit von Einzelmaßnahmen an betrieblichen Arbeitsplätzen zur Reduzierung der Schweißrauchexposition prüfen. Aus den Erfahrungen und Beobachtungen könnten neue Konzepte für die Prävention und den Gesundheitsschutz an Schweißarbeitsplätzen abgeleitet werden.*

Im metallverarbeitenden Gewerbe ist das handgeführte Schweißen die wichtigste Verbindungstechnik. Aktuelle, verlässliche Zahlen zu Beschäftigten, die beruflich gegenüber Schweißrauch exponiert sind, sind nur schwer zu erfassen, denn nicht jeder dieser Beschäftigten hat während der gesamten Arbeitszeit Schweiß Tätigkeiten zu erledigen. „Ich unterteile in Gelegenheitschweißer und Vollzeitschweißer: Die einen schweißen hin und wieder kleinere Teile zusammen, die anderen verbinden eine ganze Schicht

lang große Metallstücke miteinander“, erklärt Andreas Hasse von der BGHM, „beide Gruppen müssen natürlich gleichermaßen vor Expositionen am Arbeitsplatz geschützt werden, aber die Herausforderungen sind sehr unterschiedlich.“ Legt man die Daten des Deutschen Verbands für Schweißen und verwandte Verfahren (DVS) und der BGHM zugrunde, bei der die meisten Schweißer versichert sind, sind in Deutschland etwa 300.000 Personen mit der Qualifizierung „Schweißer“ beschäftigt. Hinzu kommen



Beschäftigte aus anderen Berufsgruppen wie z. B. Schlosser, Anlagenbauer, Kfz-Mechatroniker, die zumindest gelegentlich schweißen, so dass in Deutschland rund 500.000 Personen gegenüber Schweißrauch exponiert sind.

Andreas Hasse ist seit mehr als 30 Jahren Fachreferent für das Thema Schweißen. „Schweißen ist nicht gleich Schweißen – damit fangen die Herausforderungen schon an“, so Hasse, „es gibt verschiedene Quantitäten und Qualitäten.“ Neben Lärm und ergonomischen Belastungen stehen inhalative Expositionen von Partikeln und Metallen im Fokus der Prävention. Der beim Schweißen entstehende Rauch ist ein komplexes Stoffgemisch und hängt immer sowohl vom Verfahren als auch von den verarbeiteten Werkstoffen und Prozessgasen ab. Im Schweißrauch fallen bei der Verarbeitung von niedriglegiertem Stahl – auch Baustahl genannt – überwiegend oxidische Verbindungen von Eisen und Mangan an. Bei der Verarbeitung von hoch legiertem Stahl („Edelstahl“) kommen insbesondere Chrom- und Nickelverbindungen hinzu.

### Hochstufung in Gruppe 1

Die Internationale Krebsagentur (IARC) der Weltgesundheitsorganisation (WHO) hat 2018 Schweißrauch aus der Gruppe 2B in die Gruppe 1 hochgestuft. Schweißrauch gilt damit als krebserzeugend für den Menschen. Großen Einfluss auf diese Entscheidung hatte eine aktuelle Meta-Analyse, also eine quantitative Zusammenführung früherer Einzelstudien, in der sich bei Schweißern ein um rund 30 Prozent erhöhtes Risiko für Lungenkrebs zeigte.

Vor rund zehn Jahren hat das IPA bereits die Studie WELDOX bei Schweißern durchgeführt. In WELDOX wurden rund 240 Schweißer in verschiedenen Betrieben unterschiedlicher Branchen untersucht. „Der verschärfte, aktuell gültige Grenzwert für alveolengängigen Staub, also Feinstaub, der beim Einatmen bis zu den Lungenbläschen vordringen kann, wäre bei knapp der Hälfte der damals untersuchten Schweißer überschritten worden, der für Mangan sogar bei 65 Prozent“, sagt Dr. Martin Lehnert, Studienleiter der aktuellen InterWeld-Studie.

### Drastische Reduzierungen erreicht

Bei der WELDOX-Studie stand seinerzeit der Einfluss unterschiedlicher Prozessfaktoren beim Schweißen auf die tatsächliche Exposition der Beschäftigten im Fokus. So betrug die Schweißrauch-Belastung beim

Wolfram-Inert-Gas-Schweißen (WIG) nur 20 Prozent im Vergleich zum MAG-Schweißverfahren (Metall-Aktiv-Gas). Der Einsatz von brennerintegrierten Absaugsystemen reduzierte die Exposition um etwa 60 Prozent. Auch fremdbelüftete Schweißhelme senkten die Belastung drastisch. Das Schweißen in engen Räumen führte dagegen fast zu einer Verdopplung der Belastung gegenüber Schweißrauch und der darin enthaltenen Metalle.

Ein Betrieb aus der WELDOX-Studie mit besonders hoch belasteten Schweißern wurde im Nachgang mit einem Paket von speziellen organisatorischen, technischen und personenbezogenen Präventionsmaßnahmen ausgestattet. „Bei einer Wiederholungsmessung, drei Jahre nach der WELDOX-Studie, lag die Belastung nur noch bei 15 Prozent des Ausgangsniveaus“, erinnert sich Dr. Lehnert, „das machte deutlich, dass es differenzierte Präventionsmaßnahmen für betroffene Unternehmen geben muss.“

### Maßnahmen finden, die Expositionen reduzieren

Auf dieser Erkenntnis der WELDOX-Studie basiert die aktuelle Studie InterWeld. Darin soll die Wirksamkeit spezifischer Maßnahmen zur Reduzierung der Schweißrauchexposition in der betrieblichen Praxis überprüft werden – unter Berücksichtigung der Technischen Regel für Gefahrstoffe 528 (TRGS 528). „Der Auftrag der gesetzlichen Unfallversicherung ist klar: die Gesundheit der Beschäftigten schützen“, erklärt Prof. Dr. Thomas Behrens, Leiter des Kompetenz-Zentrums Epidemiologie am IPA, „wenn die vorgegebenen Grenzwerte am Arbeitsplatz derzeit noch nicht überall eingehalten werden können, müssen wir Mittel und Wege finden, mit denen das möglich ist.“

Eine Reihe von vielversprechenden Maßnahmen steht für die InterWeld-Studie zur Auswahl. Vorrangig geht es um technische und innovative Anpassungen des Schweißprozesses, der Arbeitsmittel und der Werkstoffe sowie um die verbesserte Absaugung des Schweißrauches und die Belüftung des Arbeitsplatzes. Klar wird aus den vorliegenden Erkenntnissen auch, dass die Körper- und Kopfhaltung beim Schweißen zur Rauchfahne großen Einfluss auf die individuelle Exposition hat.



## Aktionsbündnis zur Schweißrauchreduzierung

Maßnahmen, mit denen sich die Schweißrauchexpositionen am geeignetsten senken lassen, werden mit Unterstützung der Initiative „Schweißrauchkolloquium“ konzipiert. 2020 haben sich dem Aktionsbündnis unter Federführung der BGHM und des Deutschen Verbands für Schweißen und verwandte Verfahren (DVS) Unfallversicherungsträger, Forschungseinrichtungen der DGUV, wie das IPA und das IFA, staatliche Arbeitsschutzbehörden, Sozialpartner sowie Industrieverbände angeschlossen. „Das Schweißen ist eine wichtige Technologie für die Industrie und hat schon immer eine wichtige Rolle in Deutschland gespielt“, weiß Andreas Hasse, „wir wollen den Unternehmen helfen, dass das auch so bleibt.“

Der zum Jahresbeginn gestarteten Studie ging eine Pilotstudie unter experimentellen Bedingungen voraus, in der neue Techniken, aber auch verschiedene Prozess- und Arbeitsplatzparameter unter standardisierten Bedingungen auf ihre Auswirkungen auf die Schweißrauchbelastung untersucht wurden. Dabei zeigte sich unter anderem eine deutliche Expositionsabsenkung mit Absaughaube und Absaugbrenner auf durchschnittlich 20 Prozent der Belastung ohne Absaugung. Modifikationen der Lichtbogensteuerung führten zu einer Halbierung der Exposition gegenüber konventionellen schweißtechnischen Parametern. „Es ist wirklich erstaunlich, welche Verbesserungen sich zeigten“, so Hasse, „nun geht es darum, diese Ergebnisse in der Praxis umzusetzen.“

## Teilnehmende Unternehmen gesucht

Einige Unternehmen zeigen bereits Interesse an der Studie. Weitere werden aber noch gesucht. „Wir suchen vor allem Unternehmen, in denen mehrere Schweißer parallel teilnehmen können“, erklärt Studienleiter Dr. Martin Lehnert. Das Studienteam wird jedes Unternehmen insgesamt dreimal besuchen. Der erste Termin dient der Bestandsaufnahme. Dabei werden die einzelnen Schweißarbeitsplätze sowohl zur Technik als auch zu allgemeinen Arbeitsbedingungen genau dokumentiert. Um die Exposition der Schweißer zu schätzen, werden Gefahrstoffkonzentrationen in der Atemluft gemessen sowie Blut- und Urinproben genommen. Über mögliche Belastungen von Beschäftigten zu erfassen, die im selben Raum wie die Schweißer arbeiten, sollen stationäre Messungen der Hallenluft Auskunft geben.

Auf Basis der detaillierten Analyse der Arbeitsplatzsituation prüfen die Präventionsexperten, welche technischen und organisatorischen Lösungen sich für eine

Minimierung der Schweißrauchexposition an den jeweiligen Schweißarbeitsplätze am besten eignen. Dies wird mit den Unternehmen besprochen und möglichst in einem festgelegten Zeitfenster umgesetzt. „Die Mehrzahl der Unternehmer will gesunde Beschäftigte und handelt aus persönlichem Antrieb, Arbeitsplätze sicher zu gestalten“, sagt Andreas Hasse. Gerade wenn Unternehmen überlegen, neue Geräte anzuschaffen, sich zu erweitern oder aus anderen Gründen planen, Arbeitsplätze umzugestalten, bietet sich die Teilnahme an der InterWeld-Studie an. „In Zeiten von Fachkräftemangel ist ein technisch innovativer und auf Gesundheitsschutz ausgerichteter Arbeitsplatz ein Wettbewerbsvorteil für Unternehmen.“

## Ziel: nachhaltige Expositionssenkung

Sind die verschiedenen Maßnahmen an den Arbeitsplätzen umgesetzt, sucht das InterWeld-Team die Unternehmen ein weiteres Mal auf. Wieder werden alle Parameter vor Ort gemessen, Blut- und Urinproben der Probanden genommen. Die Messergebnisse der Probenahme vor und nach der Implementierung der Interventionsmaßnahmen werden verglichen. „Da die teilnehmenden Unternehmen sehr unterschiedlich sein werden und verschiedene Maßnahmenpakete bekommen, erwarte ich ein sehr umfassendes Bild zur Nachhaltigkeit der Expositionssenkung an Schweißarbeitsplätzen“, meint Prof. Dr. Behrens vom IPA.

Die Erkenntnisse und Erfahrungen des Projekts fließen am Ende in Handlungsanleitungen und Arbeitshilfen ein, wie der TRGS 528 „Schweißtechnische Arbeiten“. Eine Best-Practice-Sammlung kann große und kleine Unternehmen gleichermaßen unterstützen, Präventionsmaßnahmen umzusetzen. „Es ist ein Geben und Nehmen von Wissen, das uns als Unfallversicherungsträger genauso hilft wie den Unternehmen und den Beschäftigten“, sagt Andreas Hasse abschließend, „und es unterstützt natürlich auch die Zukunft Deutschlands als moderner Industriestandort.“

---

### Ansprechperson:

Dr. Martin Lehnert  
IPA

### Die Autorin:

Vicki Marschall  
dreisatz

# Pneumologie – Entwicklung und Fortschritt



F. Hoffmeyer, C. Eisenhawer

*Der 62. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin (DGP) fand in diesem Jahr als Hybridveranstaltung unter dem Motto „Pneumologie – Entwicklung und Fortschritt“ vom 25. bis 28. Mai in Leipzig statt. → [www.pneumologie-kongress.de](http://www.pneumologie-kongress.de)*



Obwohl Webkonferenzen inzwischen ein vertrauter Teil unserer Arbeitswelt geworden sind, ersetzen sie nicht das persönliche Gespräch und die direkte wissenschaftliche Diskussion unter Expertinnen und Experten. Dementsprechend hervorzuheben sind in diesem Jahr besonders die lebhaften Diskussionen der abwechslungsreichen und anspruchsvollen Programminhalte vor Ort in Leipzig.

Die Themenfelder der Arbeits- und Umweltmedizin wurden dabei zusammen mit denen der Epidemiologie und Sozialmedizin durch die Sektion 3 der DGP abgedeckt. Im Rahmen des Sektionstreffens auf dem Kongress wurden Dr. Constanze Steiner und Dr. Christian Eisenhawer,

beide aus dem IPA, zur Sektionssprecherin beziehungsweise zum stellvertretenden Sektionssprecher gewählt.

Neben Themen zur Fort- und Weiterbildung sowie zur Berufspolitik widmete sich der Kongress neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen zum Klimawandel. Im „Umweltmedizinischen Symposium, deren Vorsitz Prof. Dr. Jeroen Buters und Prof. Dr. Monika Raulf aus dem IPA inne hatten, ging es um den Klimawandel, der unter anderem die Exposition gegenüber UV-Strahlung, Krankheitserregern und Hitze verändert. Eine Herausforderung wird dabei zukünftig unter anderem die Einhaltung der Temperatur von 16 bis 24 °C bei verschiedenen Tätigkeiten an

Arbeitsplätzen sein. Prof. Dr. Monika Raulf wies in ihrem Vortrag unter anderem darauf hin, dass auch besondere ‚Profiteure des Klimawandels‘, wie zum Beispiel der Eichenprozessionsspinner, Beschäftigte in der Landwirtschaft oder im Gartenbau verstärkt gefährden.

Im Mittelpunkt des von Melanie Duell und Prof. Dr. Alexandra Preisser geleiteten „Berufskrankheitenforums“ standen zum einen aktuelle Informationen zum Berufskrankheitenrecht, wie die Anerkennung einer COVID-19-Erkrankung als Berufserkrankung. Unter dem Motto „Genesen ist nicht Gesund“ wurden gesundheitliche Langzeitfolgen wie Long- und Post-COVID und entsprechende Inhalte eines Rehamanagements von Nancy Nicolai dargestellt. Mögliche Konsequenzen aus der Abschaffung des sogenannten „Unterlassungszwangs“ bei den BK-Nummern 4301/4302 wurden von Eckhard Bode von der Berufsgenossenschaft Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege (BGW) dargelegt. Ziel dieser Änderung des Berufskrankheitenrechts ist es, den Verbleib im Beruf zu sichern, wobei der Individualprävention eine wesentliche Rolle zukommt. Abschließend gab Dr. Georg Johnen, IPA eine Übersicht zur Bedeutung molekularer Biomarker bei der Früherkennung beruflich bedingter Tumoren. Biomarker sind Grundlage des geplanten erweiterten Vorsorgeangebotes für Versicherte mit Asbest-bedingten Erkrankungen vor dem Hintergrund einer im Verlauf möglichen Mesotheliomerkrankung.

Das „Schweißer-Symposium“ der Sektion 3, deren Vorsitz Dr. Nicola Kotschy-Lang und PD Dr. Wolfgang Zschesche, IPA innehatten, widmete sich den besonderen Gefährdungen dieser in der Arbeitswelt weitverbreiten Technik. In ihrem Vortrag mit dem Titel „Von der Zelle bis zum Menschen“ gab PD Dr. Julia Krabbe einen Überblick über aktuelle Erkenntnisse zum Ursprung der Entzündungskaskade bei Einwirkungen durch Schweißrauche. Ein wesentlicher Ursprungsort einer Entzündungsreaktion ist dabei das Atemwegsepithel. PD Dr. Wolfgang Zschesche gab eine Übersicht zur Kanzerogenität von Schweißrauchen unter besonderer Berücksichtigung der Einstufung der Internationalen Agentur für Krebsforschung (IARC) von 2018. Im Zentrum der Kausalitätsbewertung steht dabei die exakte Expositionserfassung und Bewertung.

Unter dem Sessionstitel „Freie Vorträge“ wurden Ergebnisse aktueller Studien unter Vorsitz von Prof. Dr. Alexandra Preisser und PD Dr. Frank Hoffmeyer vorgetragen. Aus dem IPA referierten Dr. Vera van Kampen über die diagnostische Wertigkeit verschiedener nicht-invasiver Methoden vor und nach dem arbeitsplatzbezogenen Inhalationstest für die Diagnostik von Berufssasthma. PD Dr. Frank Hoffmeyer stellte die Ergebnisse einer IPA-Studie zu Atemwegssymptomen und -diagnosen bei tierärztlichem Praxispersonal vor. Thema des Vortrags von Dr. Christian Monsé, IPA waren die gesundheitlichen Effekte nach Inhalation von Zinkoxidpartikeln beim Menschen. Eike Marek und Dr. Vera van Kampen berichteten über die verschiedenen Ergebnisse der IPA-Maskenstudie.

Bereits am Mittwoch, den 18.05.2022 fand der Postgraduiertenkurs in Form eines Webinars zum Thema „Seltene Berufskrankheiten der Lunge“ unter Vorsitz von Dr. Kathrin Ludwig und Dr. Christian Eisenhawer, IPA statt. Hier wurden Erkrankungen wie die Exogen Allergische Alveolitis, Infektionskrankheiten der Lunge, Schweißrauchbedingte Erkrankungen und seltene Inhalationsschäden sowie deren aktuelle Diagnosekriterien aus Sicht der Radiologie vorgestellt und im arbeitsmedizinischen Kontext diskutiert. Im Rahmen des Postgraduiertenkurs „Allergiediagnostik und -therapie“ informierte Prof. Dr. Monika Raulf über den aktuellen Stand der Hauttestungen, der Serologie und der molekularen Allergiediagnostik.

Der nächste DGP Kongress findet vom 29. März bis zum 01. April 2023 in Düsseldorf statt → <https://pneumologie-kongress.de/>.

---

#### Die Autoren:

Dr. C. Eisenhawer  
PD Dr. F. Hoffmeyer  
IPA

# Neue Publikationen aus dem IPA

1. Beine A, Gina M, Hoffmeyer F, Lotz A, Nöllenheidt C, Zahradnik E, Sander I, Kleinmüller O, Fartasch M, Nienhaus A, Raulf M. Skin symptoms in veterinary assistant staff and veterinarians: A cross-sectional study. *Contact Dermatitis* 2022; Online ahead of Print doi: 10.1111/cod.14146
2. Brüning T, Sucker K. Arbeitsplatzgrenzwerte für Stoffe mit einer Reiz- und Geruchswirkung. *Arbeitsmedizin, Sozialmedizin, Umweltmedizin* 2022; 57: 448-455 doi: 10.17147/asu-1-204767
3. Bünger J, Marek EM, van Kampen V, Brüning T. Efficiency and burdens of wearing masks for protection against SARS-CoV-2: A narrative review focused on the current situation at workplaces. *Res & Rev Health Care* 2022; RRHOAJ. MS.ID.000266
4. Burek K, Rabstein S, Kantermann T, Vetter C, Rotter M, Wang-Sattler R, Lehnert M, Pallapies D, Jöckel K-H, Brüning T, Behrens T. Night work, chronotype and cortisol at awakening in female hospital employees. *Sci Rep* 2022; 12: 6525 doi: 10.1038/s41598-022-10054-w
5. Burns JS, Sergeev O, Lee MM, Williams PL, Mínguez-Alarcón L, Plaku-Alakbarova B, Sokolov S, Kovalev S, Koch HM, Lebedev AT, Hauser R, Korrick SA. Associations of prepubertal urinary phthalate metabolite concentrations with pubertal onset among a longitudinal cohort of boys. *Environ Res* 2022; 212: 113218 doi: 10.1016/j.envres.2022.113218
6. Casjens S, Taeger D, Brüning T, Behrens T. Altered mental distress among employees from different occupational groups and industries during the COVID-19 pandemic in Germany. *J. Occup. Environ Med* 2022; Online ahead of Print doi: 10.1097/JOM.0000000000002595
7. Casjens S, Tisch A, Brenscheidt F, Beermann B, Brüning T, Behrens T, Rabstein S. Investigating the influence of shift work rosters on stress measured as cortisol in hair during the SARS-CoV-2 pandemic. *Psychoneuroendocrinol* 2022; 143: 105858 doi: 10.1016/j.psyneuen.2022.105858
8. Gambichler T, Finis C, Abu Rached N, Scheel CH, Becker JC, Lang K, Käfferlein HU, Brüning T, Abolmaali N, Susok L. Expression of DNA mismatch repair proteins in melanoma patients treated with immune checkpoint inhibitors. *J Canc Res Clin Oncol* 2022; Online ahead of print doi: 10.1007/s00432-022-04002-4
9. Gamrad-Streubel L, Haase L-M, Rudolph KK, Rühle K, Bachand AM, Crawford L, Mundt KA, Bünger J, Pallapies D, Taeger D, Casjens S, Molkenthin A, Neumann S, Giesen J, Neumann V, Brüning T, Birk T. Underground salt and potash workers exposed to nitrogen oxides and diesel exhaust: assessment of specific effect biomarkers. *Int Arch Occup Environ Health* 2022; Online ahead of Print doi: 10.1007/s00420-022-01876-2
10. Gina M, Fartasch. Berufliche Hautmittel – kurz und prägnant. *Arbeitsmedizin, Sozialmedizin, Umweltmedizin* 2022; 57: 436-438 doi:10.17147/asu-1-204760
11. Gina M, Thielitz A, Fartasch M. The Janus face of keratoacanthoma – relevance for recognition as an occupational disease in Germany due to natural UV-radiation (BK 5103). *J Dtsch Dermatol Ges* 2022; online ahead of Print doi: 10.1111/ddg.14787
12. Gleichenhagen J, Arndt C, Casjens S, Töpfer C, Gerullis H, Raiko I, Taeger D, Ecke T, Brüning T, Johnen G. Exploring solid-phase proximity ligation assay for survivin detection in urine. *PLoS ONE* 2022; 17: e0270535 doi: 10.1371/journal.pone.0270535
13. Hovanec J, Siemiatycki J, Conway DI, Olsson A, Guenel P, ..., Straif K, Schüz J, Casjens S, Pesch B, Brüning T, Behrens T. Application of two job indices for general occupational demands in a pooled analysis of case-control studies on lung cancer. *Scand J Work Environ Health* 2021; 47: 475–481 doi: 10.5271/sjweh.3967
14. Kespohl S, Liebers V, Maryska S, Meurer U, Litzemberger C, Merget R, Raulf M. What should be tested in patients with suspected mold exposure? Usefulness of serological markers for the diagnosis. *Allergologie select* 2022; 6: 118–132 doi: 10.5414/ALX02298E



15. Liebers V, Kespohl S, Borowitzki G, Stubel H, Raulf M. Is in vitro cytokine release a suitable marker to improve the diagnosis of suspected mold-related respiratory symptoms? A proof-of-concept study. *Allergologie select* 2022; 6: 133–141 doi: 10.5414/ALX02299E
16. Mínguez-Alarcón L, ..., Koch HM, Sergejev O, Hauser R. Urinary phthalate metabolite concentrations during four windows spanning puberty (prepuberty through sexual maturity) and association with semen quality among young Russian men. *Int J Hyg Environ Health* 2022; 243: 113977 doi: 10.1016/j.ijheh.2022.113977
17. Monsé C, Westphal G, Raulf M, Jettkant B, van Kampen V, Kendzia B, Schürmeyer L, Seifert CE, Marek E-M, Wiegand F, Rosenkranz N, Wegener C, Merget R, Brüning T, Bünger J. No inflammatory effects after acute inhalation of barium sulfate particles in human volunteers. *BMC Pulm Med* 2022; 22 doi: 10.1186/s12890-022-02021-y
18. Olsson A, Guha N, Bouaoun L, Kromhout H, ..., Behrens T, Brüning T, Kendzia B, Guénel P, Luce D, Karrasch S, Wichmann H-E, Consonni D, Landi MT, Caporaso NE, Merletti F, Mirabelli D, Richiardi L, Jöckel K-H, Ahrens W, Pohlabeled H, Tardon A, Zaridze D, Field JK, Lissowska J, Świątkowska B, McLaughlin JR, Demers PA, Bencko V, Foretova L, J..., Schüz J, Straif K. Occupational exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and lung cancer risk: results from a pooled analysis of case-control studies (SYNERGY). *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2022; 31: 1433-1441 doi: 10.1158/1055-9965.EPI-21-1428
19. Ringbeck B, Bury D, Lee I, Lee G, Alakeel R, Alrashed M, Tosepu R, Jayadipraja EA, Tantrakarnapa K, Kliengchuay W, Brüning T, Choi K, Koch HM. Biomarker-Determined Nonylphenol Exposure and Associated Risks in Children of Thailand, Indonesia, and Saudi Arabia. *Environ Sci Technol* 2022; 56: 10229-10238 doi: 10.1021/acs.est.2c01404
20. Schumacher L, Neumann A, Hipler C, Wiegand C, Elsner P, Gina M. Schwere Tinea corporis als Berufsdermatose? *DB* 2021; 69: 24–28 doi: 10.5414/DBX00390
21. Stuchlík Fišerová P, Melymuk L, Komprdová K, Domínguez-Romero E, Scheringer M, Kohoutek J, Příbylová P, Andrýšková L, Piler P, Koch HM, Zvonář M, Esteban-López M, Castaño A, Klánová J. Personal care product use and lifestyle affect phthalate and DINCH metabolite levels in teenagers and young adults. *Environ. Res.* 2022; 213: 113675 doi: 10.1016/j.envres.2022.113675
22. Taeger D, Wichert K, Lehnert M, Casjens S, Pesch B, Weber DG, Brüning T, Johnen G, Behrens T. Lung cancer and mesothelioma risks in a prospective cohort of workers with asbestos-related lung or pleural diseases. *Am J Ind Med* 2022; 65: 652-659 doi: 10.1002/ajim.23401
23. Thyssen JP, Schuttelaar MLA, ..., Fartasch M, Filon FL, ..., Weisshaar E, Agner T. Guidelines for diagnosis, prevention, and treatment of hand eczema. *Contact Dermatitis* 2022; 86: 357–378 doi: 10.1111/cod.14035
24. Wang X, Kapoor PM, Auer PL, Dennis J, ..., Brüning T, Hamann U, ..., Chang-Claude J, Lindström S. Genome-wide interaction analysis of menopausal hormone therapy use and breast cancer risk among 62,370 women. *Sci Rep* 2022; 12: 6199 doi: 10.1038/s41598-022-10121-2

### 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 werden gemeinsam mit der Akademie für medizinische Fortbildung der ÄKWL und der KVWL als Online-Veranstaltung angeboten. Diese Veranstaltung ist im Rahmen der ärztlichen Fortbildung der ÄKWL mit 4 Punkten (Kategorie A) zertifiziert.

### Nächster Termin

14.09.2022

Telemedizinische und digitale Anwendungen in der Praxis

Dr. P. Kegel, Mainz

N. Weymann, Dortmund

F. Amjahad, Dortmund

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 und ausgerichtet am Kursbuch sowie mit 84 Punkten pro Modul (Kategorie K) zertifiziert. Die Kurse stehen unter der Gesamtleitung des Institutsdirektors Prof. Dr. Thomas Brüning und der Kursleitung von Savo Neumann.

**Ort:** Bochum, IPA, Bürkle-de-la-Camp-Platz1. 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>	<b>Modul III</b>	<b>Modul V</b>
	17.–21.10.2022 live-online	09.–13.01.2023 live-online
	24.–26.10.2022 E-Learning	16.–18.01.2023 E-Learning
<b>Modul II</b>	<b>Modul IV</b>	<b>Modul VI</b>
19.–23.09.2022 live-online	21.11.–25.11.2022 live-online	06.–10.02.2023 live-online
26.–28.09.2022 E-Learning	28.–30.11.2022 E-Learning	13.–15.02.2023 E-Learning

## 16. Arbeitsschutzforum „Compliance im Arbeitsschutz – Strategien und Nutzen“

28.–29.09.2022 Online-Veranstaltung

Die Nationale Arbeitsschutzkonferenz veranstaltet im Rahmen der 3. Periode der Gemeinsamen Deutschen Arbeitsschutzstrategie das 16. Arbeitsschutzforum zum Thema „Compliance im Arbeitsschutz – Strategien und Nutzen“. Hier soll die Beratungstätigkeit der Länder und der Unfallversicherung in Betrieben aufgegriffen und ein Schlaglicht auf eine Reihe wichtiger Fragen geworfen werden: Was bedeutet Compliance im Arbeitsschutz? Was haben die Betriebe davon? Wie können Informationen über Compliance für die Aufsicht genutzt werden? Wie sieht die Ansprache in KKV aus? Welche Kennzahlen verbunden mit technischen Lösungen und best-practice-Beispielen gibt es? Neben der Diskussion dieser zentralen Fragen wird am 29. September im Rahmen der Veranstaltung der Deutsche Gefahrstoffpreis 2022 verliehen. → [www.gda-portal.de/SharedDocs/Meldungen/DE/22-05-09-Arbeitsschutzforum.html](http://www.gda-portal.de/SharedDocs/Meldungen/DE/22-05-09-Arbeitsschutzforum.html)

## 2. DGUV Fachgespräch „Allergien“

10.11.2022 Online-Veranstaltung

Das 2. Fachgespräch Allergien zum Thema „Berufliche Allergien – eine Herausforderung für Forschung und Praxis“ findet am 10. November als Online-Veranstaltung statt. Veranstalter wird es vom Kompetenz-Zentrum Allergologie/Immunologie des IPA. Schwerpunkte sind die Diagnostik beruflicher Allergien, Expositionen und Allergien im veterinärmedizinischen Bereich, Bioaerosole sowie die Auswirkungen des Klimawandels. Die Veranstaltung wendet sich an Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Präventionsdienste der Unfallversicherungsträger, Arbeitsmedizinerinnen und Arbeitsmediziner sowie Betriebsärzte und Betriebsärztinnen. Die Teilnahme am Fachgespräch ist kostenlos. Weitere Informationen: → [www.dguv.de/ipa/veranstaltungen/fachgespraech\\_allergien/index.jsp](http://www.dguv.de/ipa/veranstaltungen/fachgespraech_allergien/index.jsp)



# 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:



**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)