

# IPA-Journal 02/2015



## Prävention in der Abfallwirtschaft

### Nicht-invasive Methoden

Werkzeuge für die Diagnostik von arbeitsbedingten  
Atemwegs- und Lungenerkrankungen

### Luftbefeuchtungsanlagen

Schnelltest zur Ermittlung der mikrobiellen Belastung

# Impressum

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

Verantwortlich: Prof. Dr. Thomas Brüning, Institutsdirektor

Redaktionsleitung: Dr. Monika Zaghaw

Redaktion: Dr. Thorsten Wiethege, Dr. Monika Zaghaw

Gestaltung: IPA

Titelbild: oscarwhity, Fotolia

Bildnachweis: IPA (S. 8, 9, 21, 26, 28, 29), Bernd Naurath (S. 5, 22, 23), Sascha Kreklau (S. 32) André Stephan / DELICIOUS PHOTOGRAPHY (S. 3), Thorsten Wiethege (S. 21), Lichtblick Fotos: Volker Wiciok (S. 18), BASF (S. 17), Haus der Technik/together concept werbeagentur gmbh (S. 16), Fotolia: Mark F. (S. 33), Sasint (S. 6), Style-Photography (S. 11), Dmytro Sukharevskyy (S. 12),

Grafiken: Bernd Naurath

Satz: 3satz

Druck: Druckerei Nolte, Iserlohn

Auflage: 2000 Exemplare

ISSN: ISSN 1612-9857

Erscheinungsweise: 3x jährlich

Kontakt:

IPA

Bürkle-de-la-Camp-Platz 1

44789 Bochum

Telefon: (0234) 302-4501

Fax: (0234) 302-4505

E-Mail: [oeff@ipa-dguv.de](mailto:oeff@ipa-dguv.de)

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

[IPA-Journal als PDF](#)



# Editorial

## Liebe Leserinnen und Leser,

Neue Arbeitsstoffe am Arbeitsplatz erfordern immer auch neue Bewertungen im Hinblick auf ihre Toxizität. Jedoch sind es nicht nur die neuen Stoffe, die hier im Einzelfall Kopferbrechen bereiten können, es gibt auch viele Stoffe und Stoffgemische, die bereits in den Betrieben eingesetzt werden, für die aber kaum oder nur wenige belastbare Daten zur Bewertung möglicher Gesundheitsgefahren zur Verfügung stehen. Hier ist die Forschung gefordert, die Datenbasis für die Bewertung dieser Stoffe zu liefern, damit Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) festgelegt werden können.

Für krebserregende Stoffe, für die es keinen Arbeitsplatzgrenzwert gibt, hat der Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales das so genannte Exposition-Risiko-Beziehung (ERB)-Konzept entwickelt. Exposition-Risiko-Beziehungen können jedoch nur dann aufgestellt werden, wenn es eine fundierte wissenschaftliche Basis gibt. Auch hier zeigt sich einmal mehr, dass Forschung und Regulation für den Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz Hand in Hand gehen müssen.



Wie sich die Situation zehn Jahre nach der Novellierung der Gefahrstoffordnung darstellt, erläutert der Vorsitzende des AGS Dr. Martin Kayser im Interview mit dem IPA Journal (► S. 16).

Gleich zwei Beiträge in dieser Ausgabe beschäftigen sich mit Chrom (VI) einem Gefahrstoff, der an vielen Arbeitsplätzen vorkommt und für den, obwohl bereits 1990 von der IARC als Humankarzinogen eingestuft, aufgrund der unzureichenden epidemiologischen Datenlage, bislang noch keine ERB abgeleitet werden konnte. Ein Beitrag stellt die Auswertung der Daten aus der MEGA-Datenbank im Hinblick auf die berufliche Belastung von Schweißern mit Chrom (VI) vor. Ein weiterer Beitrag fasst die Erkenntnisse aus verschiedenen Studien und Überlegungen zu den toxikologischen Wirkmechanismen für Chrom (VI) zusammen (► S. 12 u. 14).

Auch der Arbeitsmedizinische Fall beschäftigt sich mit der Gefahrstoffproblematik. Im IPA wurde ein Schweißer untersucht, der 20 Jahre nach einer Exposition gegenüber Aluminium eine Aluminose entwickelte (► S. 6).

Beschäftigte in der Abfallwirtschaft sind einer Vielzahl von Gefährdungen ausgesetzt. Dazu gehören mechanische Gefährdungen, biologische aber auch der Umgang mit Gefahrstoffen. Wir stellen in der aktuellen Ausgabe zum einen die Ergebnisse der Kompost-Studie und der Müllwerkerstudie im IPA vor und zum anderen in unserem Beitrag „Aus der Praxis“ das Pilotprojekt der Branchenregel „Abfallwirtschaft“. Branchenregeln sind ein neues Präventionsinstrument der DGUV, um den einzelnen Branchen einen umfassenden Überblick über die zu treffenden Maßnahmen zum Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz zu geben (► S.26 u. 31).

Expositionen am Arbeitsplatz gegenüber Gefahrstoffen mit sensibilisierendem, irritativem oder toxischem Potenzial sind trotz aller Präventionsmaßnahmen auch weiterhin nicht zu vermeiden. Nicht-invasive Methoden sind dabei ein hervorragendes Instrument, um im Rahmen der Primär- oder Sekundärprävention durch Gefahrstoffe hervorgerufene Atemwegs- oder Lungenerkrankungen zu beschreiben (► S.18).

Mit vielen Bausteinen trägt das IPA so dazu bei, wissenschaftliche Daten für die Bewertung von Gefahrstoffen bereitzustellen, um Gefahrstoffe richtig und umfassend beurteilen zu können.

Ich wünsche Ihnen wie immer eine spannende Lektüre!

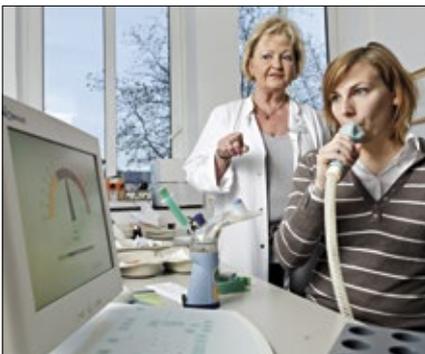
*Thomas Brüning*

[Beitrag als PDF](#)





Auswertung von Daten aus der Expositionsdatenbank „MEGA“ zur Belastung von Schweißern mit hexavalentem Chrom. ▶ Seite 12



Das IPA entwickelt diagnostische Möglichkeiten, um mit nicht-invasiven Methoden gesundheitsrelevante Veränderungen bei Atemwegs- und Lungenerkrankungen zu erkennen. ▶ Seite 18



Um mögliche mikrobielle Verunreinigungen bei Raumlufttechnische Anlagen zu ermitteln, wurde ein Schnelltest am IPA evaluiert. ▶ Seite 22

## 2 Impressum

## 3 Editorial

## 5 Meldungen aus dem IPA

## 6 Arbeitsmedizin aktuell

Aluminiumstaublung durch Aluminiumschweißen:  
Ungewöhnlicher Krankheitsverlauf und mögliche Ursachen

## 11 Regulation

## 12 Forschung

12 Belastung von Schweißern mit Chrom VI: Auswertung von Daten aus der deutschen Expositionsdatenbank MEGA

14 Kanzerogene Wirkung von Chrom (VI)-Verbindungen: Wissenschaftliche Datenlage zur BK-Nr. 1103

18 Nicht-Invasive Methoden: Wichtige Werkzeuge für die Diagnostik von arbeitsbedingten Atemwegs- und Lungenerkrankungen

22 Luftbefeuchteranlagen – Schnelltest zur Ermittlung der mikrobiellen Belastung

26 Gesundheitsrisiken bei der Abfallsammlung und in Kompostierungsanlagen: Ergebnisse der Langzeitbeobachtungen – Erkenntnisse für die Praxis

## 16 Interview

10 Jahre nach der Novellierung der Gefahrstoffverordnung – wo stehen wir heute? Interview mit Dr. Martin Kayser, Vorsitzender des Ausschusses für Gefahrstoffe

## 21 Veranstaltung

Blaupause: Die Ruhr-Universität feierte ihren 50. Geburtstag und 100.000 feierten mit

## 31 Aus der Praxis

Branchenregel Abfallwirtschaft: Pilotprojekt der DGUV

## 34 Für Sie gelesen

## 36 Publikationen

## 38 Termine

# Meldungen aus dem IPA

## Erfolgreiche Teilnahme am Ringversuch

Erneut hat sich das IPA erfolgreich am Ringversuch für toxikologische Analysen in Biologischem Material der Deutschen Gesellschaft für Arbeits- und Umweltmedizin (DGAUM) beteiligt. In der aktuellen Ringversuchsrunde erhielt das Institut aufgrund richtiger Analyseergebnisse ein entsprechendes Zertifikat der Fachgesellschaft für insgesamt 41 Messparameter (diverse Metalle in Blut und Urin; Phthalate, Bisphenol A, Metabolite des N-Methyl-Pyrrolidons, Mercaptursäure des Ethylenoxids im Urin; Addukte am Globin (Ethylenoxid, Acrylnitril, Acrylamid)). Die Teilnahme an Ringversuchen stellt ein Kernelement des Qualitätssicherungskonzepts für das Humanbiomonitoring im IPA dar. Neben einer solchen externen Qualitätskontrolle stellen zusätzlich weitere, permanente interne Qualitätssicherungsmaßnahmen die Validität der Analyseergebnisse sicher. Hintergrund: Bei einem Ringversuch werden gleiche Proben mit für die teilnehmenden Labore unbekannter Analytenkonzentration untersucht. Der Vergleich der Ergebnisse gibt dann Auskunft über die Messgenauigkeit bzw. Messqualität der beteiligten Labore.

## Krebssymposium in Paraguay

Vom 3. - 4. Oktober 2016 findet in Asunción, Paraguay, ein internationales Krebs-symposium mit dem Titel „Cancer Control in Latin America and the Caribbean“ statt. Dieses Symposium wird gemeinsam von der Universidad del Norte und dem IPA mit Unterstützung der DGUV durchgeführt. Anlass für dieses Symposium war ein Landmark-Artikel über den Stand der Krebsbekämpfung in Lateinamerika (Goss et al, 2013). In Paraguay soll nun ein National Cancer Plan aufgestellt werden, zu dem dieser Kongress wesentlich beitragen soll. Das Gesundheitsministerium in Paraguay betrachtet das Symposium als „national event“, um in der Krebsprävention einen wichtigen Schritt vorwärts zu kommen. Es konnten bereits namhafte Referentinnen und Referenten gewonnen werden. Weitere Informationen sowie die Online-Anmeldung können im Internet abgerufen werden: [www.ipa-dguv.de](http://www.ipa-dguv.de) Webcode: 605696

## Griechische Gastwissenschaftler am IPA

Im IPA-Projekt MoMar werden molekulare Marker zur Früherkennung von Mesotheliomen und Lungenkrebs in einer prospektiven Kohortenstudie mit asbestexponierten Arbeitnehmern aus Deutschland entwickelt und validiert. Im Rahmen einer Kooperation mit dem Department of Occupational and Industrial Hygiene der Universität Athen unter der Leitung von Prof. Vassilios Makropoulos waren zwei griechische Wissenschaftler von der National School of Public Health in Athen für insgesamt drei Monate zu Gast im Kompetenz-Zentrum Molekulare Medizin des IPA. Sie haben verschiedene neue molekularbiologische Methoden und am IPA entwickelte Assays kennengelernt, um Biomarker im Blut von asbestexponierten griechischen Arbeitern zu analysieren und zu validieren. Durch diesen Wissenstransfer sollen entsprechende Analysen auch vor Ort zukünftig möglich sein. Ziel ist es, auch in Griechenland die nachgehende Vorsorge durch minimalinvasive Methoden der Früherkennung zu verbessern.

## Zürcher Forscher zu Gast im IPA

Im Juli trafen sich auf Einladung des IPA Prof. Dr. Milo Puhani und PD Dr. Holger Dressel vom Institut für Epidemiologie, Biostatistik und Prävention in Zürich gemeinsam mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern des IPA zu einem Gedankenaustausch. Ziel des Zusammentreffens war der



Austausch über gemeinsame Forschungsschwerpunkte sowie Initiierung einer Zusammenarbeit. Als gemeinsame Forschungsthemen wurden unter anderem die Arbeitsmedizinische Prävention, Labortierallergien, Lungenkarzinom-Früherkennung, nicht-invasive Methoden, Schichtarbeit sowie Qualitätssicherung im Biomonitoring identifiziert. Zukünftig soll es weitere Treffen zum regelmäßigen Gedankenaustausch geben.

## 5. Sankt Augustiner Expertentreff „Gefahrstoffe“

Zum fünften Mal fand in diesem Jahr der Sankt Augustiner Expertentreff zum Thema „Gefahrstoffe“ statt. Gastgeber waren das Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA) zusammen mit der Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse (BG ETEM), der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU) und der Unfallkasse Post und Telekom (UK PT). Das Programm richtete sich an Praktiker des Arbeitsschutzes und der Arbeitsmedizin. Der Auftakt der Tagung führte von der aktuellen Gefahrstoffpolitik (Gefahrstoffverordnung 2015) über das geplante Transatlantische Freihandelsabkommen (Auswirkungen von TTIP auf den Arbeitsschutz und die Unfallversicherung) bis in die Weiten des Weltraums (Sicherheit in der Raumstation ISS). Die Themen der Mitveranstalter aus dem Kreise der UV-Träger waren: Die Umsetzung des Allgemeinen Staubgrenzwertes in der Praxis, Polychlorierte Biphenyle (PCB) und Arbeitsschutz, aktuelle Probleme und Lösungen aus der Bauwirtschaft, Umsetzung der TRGS 910 „Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen“. Im Rahmen des Expertentreffs stellten die DGUV-Institute IPA und IFA verschiedene aktuelle Projekte aus ihrer Arbeit vor. Prof. Dr. Breuer (IFA) und Dr. Weiß (IPA), betonten dabei die gute Zusammenarbeit beider Institute unter synergistischer Nutzung vorhandener Ressourcen. Sie bekräftigten dabei auch die Absicht, die bestehende Zusammenarbeit in Zukunft noch weiter zu intensivieren.

Beitrag als PDF



# Aluminiumstaublunge durch Aluminiumschweißen

## Ungewöhnlicher Krankheitsverlauf und mögliche Ursachen



Rolf Merget, Olaf Hagemeyer, Wolfgang Zschiesche, Eike Marek, Frank Hoffmeyer, Jürgen Büniger, Jörg Walther, Inge Schmitz, Andreas Weber, Thomas Brüning

Etwa 20 Jahre nach Beendigung einer etwa dreijährigen hohen Aluminiumexposition als Aluminiumschweißer wurde bei einem Versicherten ein Lungenrundherd entdeckt. Die histologische Untersuchung ergab eine deutliche Aluminiumspeicherung in dem Granulom und auch im Lungenparenchym, so dass eine Aluminose als Berufskrankheit anerkannt wurde. Der Erkrankungsfall weicht wegen seines klinischen Bildes vom typischen Verlauf einer Aluminose ab.

Das Merkblatt zur BK-Nr. 4106 „Erkrankungen der tieferen Atemwege und der Lungen durch Aluminium und seine Verbindungen“ beschreibt als Aluminose eine diffuse interstitielle Lungenfibrose, die vor allem in den Lungenober- und Mittelfeldern auftritt. In weiter fortgeschrittenen Stadien treten emphysematöse Veränderungen mit zum Teil subpleural gelegenen Emphysemblasen auf. Der hier vorgestellte Fall einer Aluminose weicht von diesem typischen Krankheitsbild ab.

Der 1963 geborene Versicherte ließ regelmäßig ärztliche Vorsorge einschl. Röntgenuntersuchungen des Thorax wegen einer früheren Schweißrauchbelastung durchführen. Hierbei wurden als Zufallsbefund Auffälligkeiten der Lunge nachgewiesen, die zu weitergehenden diagnostischen Maßnahmen und schließlich zur Anzeige des Verdachts einer Berufskrankheit führten. Der Versicherte wurde im Rahmen eines Berufskrankheitenfeststellungsverfahrens im IPA untersucht.

### Berufliche Exposition

Der Versicherte arbeitete seit 1980 überwiegend als Schweißer, darunter in der Lehrzeit ca. 3 Monate lang als Stahl- und Aluminiumschweißer, nach der Lehre von 2/1984 bis 9/1984 und 1/1986 bis 7/1988 als Aluminiumschweißer von Leiterprofilen für Schrägaufzüge im Akkord.

Bei seiner Tätigkeit gab es nach Angaben des Versicherten keine direkt wirkenden Absaugungen. Die Netto-Schweißdauer betrug nach den Ermittlungen des Präventionsdienstes ca. fünf Stunden je Schicht, vom Versicherten wurde bei der Begutachtung eine Akkordtätigkeit von täglich rd. 9 bis 10 Stunden angegeben. Geschweißt wurde mit dem Metallinertgasverfahren (MIG) unter Verwendung von Massivdrähten. Messungen der Feinstaubbelastung an den Arbeitsplätzen ergaben Werte zwischen 2,4 und 5,5 mg/m<sup>3</sup>. Persönlicher Atemschutz war nach den Angaben des Versicherten nicht verfügbar.

Ab 1988 war der Versicherte als Betriebsleiter bei verschiedenen Unternehmen tätig. Hier bestand nur eine gelegentliche Exposition gegen aluminiumhaltige Materialien: von 1/2005 bis 6/2006 bestand bei kurzzeitigen Plasmaschneid-Vorgängen an Aluminium-Platten über kumulativ 12 Arbeitstage eine erneute Aluminium-rauchexposition.

Eine weitere inhalative Aluminiumexposition resultierte aus dem Abschleifen von überstehenden Aluminiumlamellen mit dem Winkelschleifer. Diese Arbeit wurde zwischen 1988 und 2000 über kumulativ ca. 60 bis 70 Stunden durchgeführt.

Im Rahmen einer gutachterlichen Untersuchung im Jahr 2009 wurde eine Aluminium-Konzentration im Urin von 74 µg/L nachgewiesen, bei einer Nachuntersuchung im Juni 2010 von 21 µg/L Urin (der vorläufige Referenzwert des Umweltbundesamtes beträgt < 15 µg/L Urin).

#### Medizinische Befunde

Besondere Vorerkrankungen sind nicht bekannt. Im Februar 2007 wurde eine chronische Kehlkopfentzündung diagnostiziert. Eine lungenfachärztliche Untersuchung ergab funktionsanalytisch einen unauffälligen Befund. Radiologisch wurde ein verkalkter Lungenrundherd ventral links beschrieben. Der Zigarettenkonsum wurde mit ca. 75 Packungsjahren angegeben.

Im Juni 2008 wurden radiologisch dann mehrere Rundherde im 5. Lungensegment rechts und neben dem Perikard diagnostiziert. Darüber hinaus waren die Lymphknoten leicht vergrößert und verdichtet. Ein interstitieller Lungenprozess war in der Thoraxübersichtsaufnahme nicht nachweisbar. Im weiteren Verlauf bis 2015 ergab sich radiologisch keine wesentliche Befundänderung.

2008 erfolgte eine explorative Thorakoskopie mit atypischer Keilresektion im rechten Lungenoberlappen und Entnahme eines Rundherdes. Histologisch wurde ein Granulom mit Ansammlung von Makrophagen, teilweise histozytären riesenzelligen Konglomeraten und feingranulär puderartigem braun-silbrigen Fremdmaterial diagnostiziert.

Mittels energiedispersiver Röntgenspektroskopie (EDX) des Lungenpräparates wurde dieses Material als Aluminium identifiziert. Auch in den bei der 2010 durchgeführten Mediastinoskopie entnommenen Lymphknoten konnten in der EDX-Analyse vermehrt Aluminium-haltige Einlagerungen nachgewiesen werden.

Bei der ersten arbeitsmedizinischen Begutachtung im IPA im April 2009 klagte der Versicherte über Belastungsdyspnoe. Die Thoraxsonographie zeigte eine Zwerchfellbeweglichkeit links von maximal 8 cm und rechts von maximal 5 cm. Lungenfunktionsanalytisch wurde eine leichte restriktive Ventilationsstörung gemessen. Der CO-Transferkoeffizient war grenzwertig (80% Soll; bei einem auf 61% Soll verminderten CO-Transferfaktor). Der Sauerstoffpartialdruck (paO<sub>2</sub>) war in Ruhe und unter Belastung unauffällig (71 bzw.

99 mmHg). Spiroergometrisch war bei einer maximalen Leistung von 112 Watt eine extrem hohe Atemfrequenz (bis 77/min) bei geringem Atemzugvolumen auffällig. Die in Ruhe erhöhte Alveoloarterielle Sauerstoffdruckdifferenz (AaDO<sub>2</sub>) (42 mmHg) normalisierte sich unter der belastungsinduzierten Hyperventilation mit einem PaCO<sub>2</sub> von 30 mmHg (AaDO<sub>2</sub>: 13 mmHg).

Die Erkrankung wurde zur Anerkennung als BK 4106 empfohlen. Als Folge der Berufskrankheit wurden diese Einschränkungen mit einer MdE von 30 v.H. bewertet.

Im weiteren Verlauf kam es zu einer zunehmenden Belastungsdyspnoe. Die bei regelmäßigen ambulanten und auch stationären Behandlungen erfolgten Lungenfunktionsmessungen zeigten eine Zunahme der Restriktion (Abbildung 1). CO-Transferfaktor und -koeffizient waren bei wiederholten Messungen jeweils normal. Die AaDO<sub>2</sub> verschlechterte sich zunehmend (Abbildung 2). Eine 2010 durchgeführte Bronchoskopie ergab einen unauffälligen Befund. In der BAL lagen vermehrt Granulozyten vor, die Makrophagen zeigten eine Fremdkörperspeicherung. Als Behandlungsversuch erfolgte eine Stoßtherapie mit 50 mg Decortin. Bei weiter progredienter Dyspnoe erfolgte im März 2013 der Ausschluss einer Lungenembolie durch eine Lungenperfusionsszintigraphie. Mittels Bestimmung des

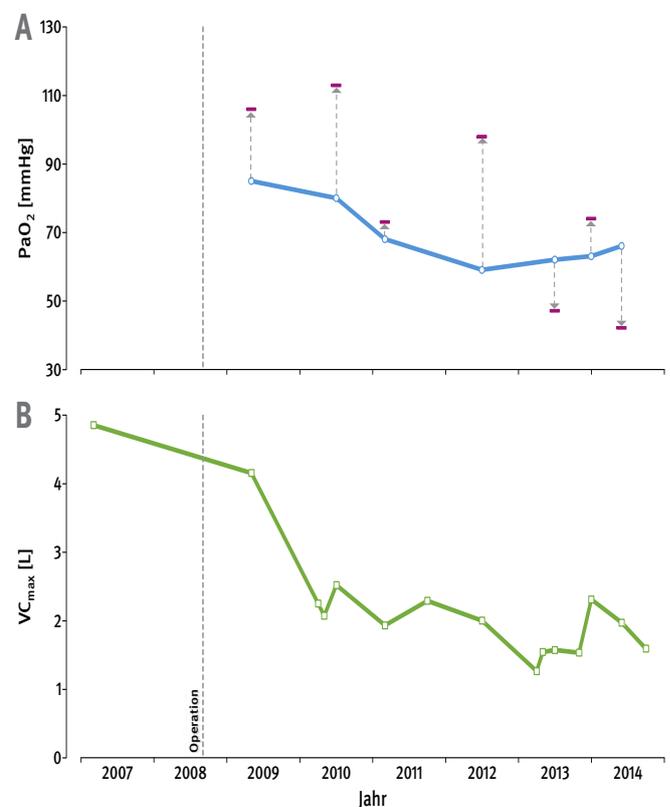


Abb.1: Sauerstoffpartialdruck (PaO<sub>2</sub>) und Vitalkapazität (VC) im Verlauf. Nach der Operation zeigt sich ein Abfall der Vitalkapazität. Nicht homogen ist der Verlauf des pO<sub>2</sub>. Die Werte nach Belastung (–) steigen zunächst noch an, sind bei den letzten Untersuchungen im Sinne einer Diffusionsstörung eingeschränkt.

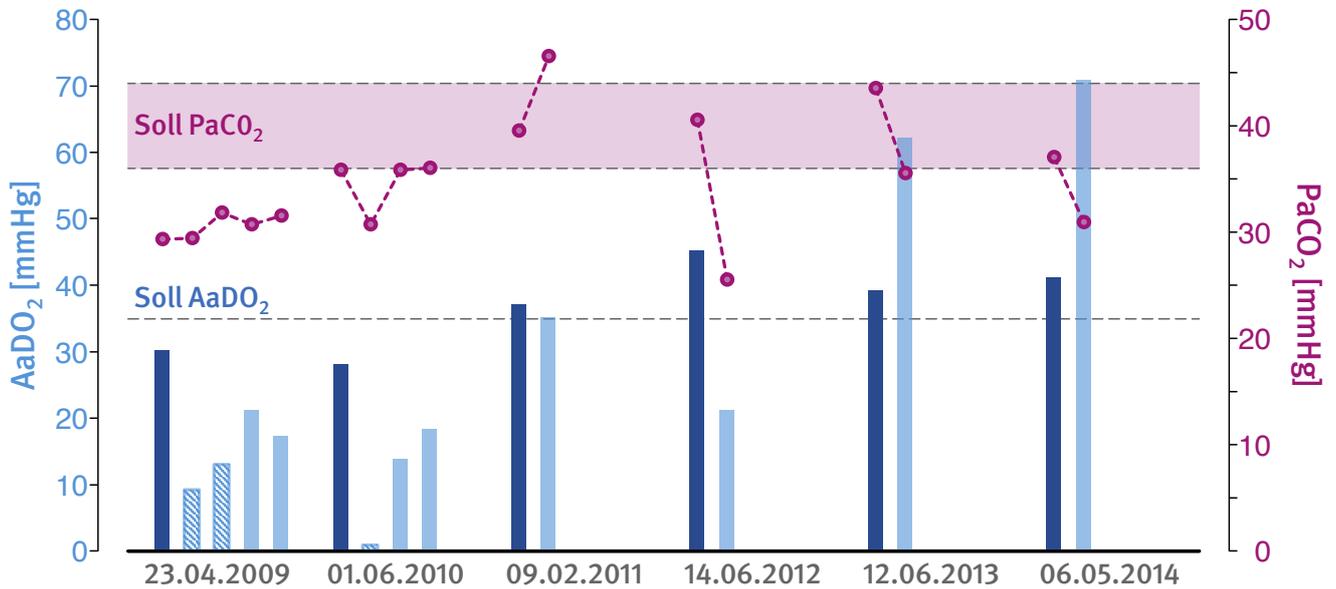


Abb. 2: Alveolo-arterielle Sauerstoffdruckdifferenz (AaDO<sub>2</sub>) (blaue Balken: vor Belastung; schraffiert: bei Belastung, hellblau: nach Belastung) und zeitgleich gemessene Sauerstoffpartialdruck-Werte (PaCO<sub>2</sub>) (rote Punkte) im Verlauf. Bei den ersten beiden Untersuchungen fällt eine deutliche Hyperventilation auf, welche eine normale AaDO<sub>2</sub> suggeriert (infolge eines paO<sub>2</sub>-Anstieges und PaCO<sub>2</sub>-Abfalles). Am 9.2.2011 zeigt sich bei fehlender Hyperventilation, dass die AaDO<sub>2</sub> grenzwertig ist. Die Untersuchung am 14.6.2012 bestätigen die vorherigen Untersuchungen. Darüber hinaus zeigt sich in der zunehmenden AaDO<sub>2</sub> die Progredienz der Erkrankung.

natriuretischen Peptids Typ B (BNP) konnte eine Herzinsuffizienz ausgeschlossen werden, echokardiographisch ergaben sich auch keine Hinweise für eine pulmonale Hypertonie. Kurze Zeit später wurde durch den behandelnden Lungenfacharzt die Indikation zu einer Sauerstofflangzeittherapie gestellt.

Im Mai 2014 fand eine weitere gutachterliche Nachuntersuchung im IPA statt. Zu diesem Zeitpunkt klagte der Versicherte über eine progrediente Belastungsdyspnoe. Die Sauerstofflangzeittherapie erfolgte über 15 Stunden am Tag. Lungenfunktionsanalytisch lag eine Restriktion vor, die Vitalkapazität betrug bei schlechter Atemtechnik 34 %Soll nach EGKS, der CO-Transferkoeffizient war mit 49 %Soll bei schlechter Atemtechnik formal erniedrigt. Der paO<sub>2</sub> betrug ohne Sauerstoffgabe in Ruhe 66 mmHg und unter Belastung (Gehen in der Ebene, 250 m in 6 Minuten) 43 mmHg. Radiologisch war im Vergleich zu den Voruntersuchungen keine Befundänderung aufgetreten. Unverändert lagen die dichten Lymphknoten vor. Die Lunge zeigte computertomographisch darüber hinaus weiterhin keine Hinweise auf eine Lungenfibrose (Abbildung 3), so dass hier eine deutliche Divergenz zwischen dem klinischen und radiologischen Bild bestand.

#### Diskussion

Aluminium-bedingte Veränderungen der Lunge werden bereits seit den 1930er Jahren beschrieben. Sie wurden insbesondere in Arbeitsbereichen mit hohen Expositionen gegenüber feinem, ungefettetem Aluminium-Pulver in der Aluminiumpigment-Herstellung beobachtet (Baader 1960; Letzel et al. 2009). Derartige Pigmente werden insbesondere in der Farb- und Kunststoffherstellung zur Er-

zeugung entsprechender metallic-artiger Effekte eingesetzt, ebenso in der Pyrotechnik und der Fertigung von Poren-Beton.

Auf Grund verbesserter Prävention gingen die Erkrankungen im Sinne einer BK 4106 zurück (9 anerkannte Fälle zwischen 2001 – 2013). Allerdings zeigte sich unter Einsatz moderner bildgebender Verfahren, wie insbesondere der hochauflösenden Computerto-

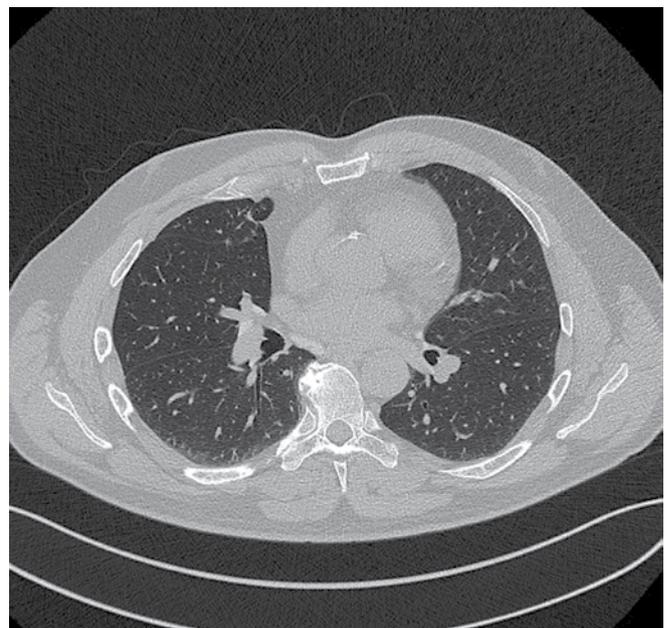


Abb. 3: Computertomographie der Lungen im Jahr 2014

mografie, dass auch weiterhin eine Gefährdung für Aluminosen in diesen Industriebereichen besteht (Kraus et al. 1997, 2006). Über lange Zeit war unklar, ob auch Aluminium-Schweißer einem erhöhten Aluminose-Risiko unterliegen. Dies ist darin begründet, dass Aluminiumwerkstoffe erst in den letzten Jahrzehnten in größerem Umfang verwendet und schweißtechnisch bearbeitet werden, wie z. B. im Automobil-, Schienenfahrzeug- und Behälterbau. Zum anderen stellen Schweißrauche eine höchst komplexe Matrix dar, so dass bei einem Aluminiumgehalt im Schweißrauch nicht direkt auf eine entsprechende Gefährdung im Sinne einer Aluminose geschlossen werden kann.

Das Krankheitsbild einer Aluminose fällt klinisch in der Regel durch Belastungsluftnot auf und führt zu dem radiologischen Bild einer interstitiellen Lungenerkrankung. Das initiale Bild einer Alveolitis geht im Verlauf in eine Lungenfibrose über, in späten Stadien kommt es auch zu subpleuralen Emphyseblasen mit der erhöhten Gefahr eines Pneumothorax.

Im Rahmen einer Längsschnittuntersuchung wurden bei 101 Al-Schweißern in der Automobilindustrie nur in einem Fall im hochauflösenden CT der Lunge Veränderungen nachgewiesen, die mit dem Vorliegen einer Alveolitis vereinbar waren. In einem wesentlich höher und länger Al-exponierten weiteren Teilkollektiv der Studie (Schienenfahrzeug-, Sonderfahrzeug- und Behälterbau) mit 46 Beschäftigten (davon 44 mit CT) fanden sich in der ersten Querschnittuntersuchung sieben derartige Fälle. In Einzelfällen wurde bei diesen eine Berufskrankheit nach Nr 4106 angezeigt und anerkannt (Letzel et al. 2009; Zschiesche et al. 2001).

Lungenfunktionseinschränkungen lagen im untersuchten Kollektiv nicht vor, wobei zu berücksichtigen ist, dass unter den Feldbedingungen keine Blutgasanalysen oder Gasaustauschuntersuchungen durchgeführt worden waren (Zschiesche et al. 2003).

#### Besonderheiten der dargestellten Kasuistik

Ungewöhnlich ist im vorliegenden Fall das radiologische Bild, das weder Zeichen einer Alveolitis noch einer diffusen Lungenfibrose oder eines Emphysems zeigt. Das Krankheitsbild weicht insofern sowohl von den bei Aluminium-Pigmentarbeitern als auch bei Aluminium-Schweißern nachgewiesenen Veränderungen ab. Allerdings wies das Lungengewebe eine erhöhte Aluminiumbelastung auf. Besonders die Beteiligung der Lymphknoten entlang des Ösophagus und des *Truncus coeliacus* deuten darauf hin, dass nicht nur die Lunge, sondern auch möglicherweise die abdominalen Organe an dem Krankheitsprozess direkt oder indirekt beteiligt sein könnten.

In einer Studie von Kraus et al. (2006) wurden computertomographisch kleine runde und irreguläre Verdichtungen (maximal 3 mm groß) vornehmlich in den oberen Lungenpartien und beginnende Verdickungen der interlobulären Septen gesehen. Die Autoren deuten diesen Befund als beginnende Alveolitis ohne fibrotische Aktivität. Einige Publikationen beschreiben aber auch noch andere radiologische Bilder: verdichtete mediastinale Lymphknoten ohne

sonstige Lungenveränderungen (Vahlensieck et al. 2000). Auch Smolkova et al. (2014) beschreiben den Fall eines 39-jährigen Flugzeugmechanikers, bei dem sich computertomographisch kleine Verdichtungen und vergrößerte Lymphknoten fanden.

In vorliegenden Falle wurde zunächst ein einzelnes Granulom mit einem erhöhten Aluminium-Gehalt etwa 20 Jahre nach der letzten wesentlichen beruflichen Exposition nachgewiesen. Es waren aber auch erhöhte Aluminium-Konzentrationen im Lungengewebe nachweisbar, so dass auch auf Grund dieser Ergebnisse von einer hohen Exposition während der zurückliegenden beruflichen Tätigkeit auszugehen ist.

#### Zusammenfassende Bewertung

Im vorliegenden Fall hat eine verhältnismäßig kurze Aluminiumexposition bestanden. Diese ist im Vergleich zu den in der Literatur publizierten Daten mit Verdachtsfällen einer Aluminose nicht als außergewöhnlich hoch einzuschätzen. Das typische radiologische Bild einer Alveolitis oder einer Lungenfibrose bestand bis zuletzt nicht; der histopathologische Befund belegt aber eindeutig eine erhöhte pulmonale Aluminiumablagerung (Abbildung 4). Die Lungenfunktionsprüfung zeigte erst spät eine eindeutige restriktive Ventilationsstörung und Diffusionsstörung, während die klinischen Symptome und insbesondere der progrediente Abfall des Sauerstoffpartialdruckes mit Entwicklung einer Belastungshypoxämie schon früh führend waren. Widersprüchliche Befunde zwischen Störungen der Blutgase und des mit Kohlenmonoxid gemessenen Transferkoeffizienten werden gelegentlich beobachtet, allerdings ist bei ausgeprägter Hypoxie unter Belastung in aller Regel auch eine Einschränkung des CO-Transferkoeffizienten zu sehen.

Pathophysiologisch fällt rückblickend auf, dass seit der ersten Untersuchung im Rahmen der Begutachtung 2009 eine Erhöhung der  $AaDO_2$  vorlag. Dieser Befund wurde aufgrund der uns vorliegenden Akten zunächst jedoch nicht wahrgenommen, da sich unter Belastungsbedingungen durch die Hyperventilation formal eine

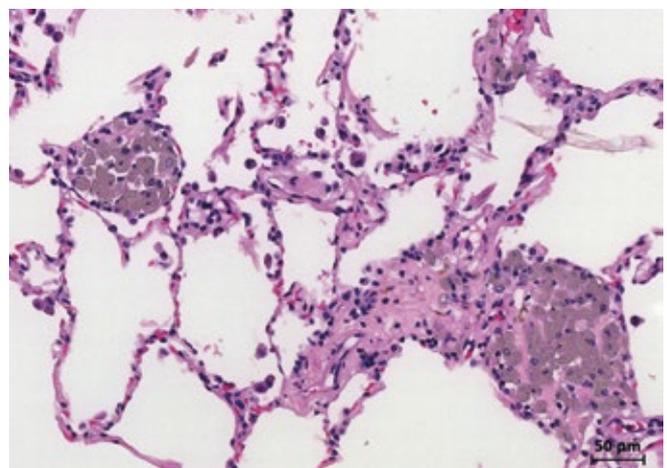


Abb. 4: Histologischer Befund des Lungenparenchyms des Versicherten aus dem Jahr 2008

Normalisierung der AaDO<sub>2</sub> ergab. Über die Jahre hinweg kam es zu einer zunehmenden ventilatorischen Insuffizienz, während die AaDO<sub>2</sub> sich nur leicht verschlechterte (Werte um 40 bis 42 mmHg).

Der diagnostisch entscheidende Befund ist die Entwicklung einer reproduzierbaren progredienten ventilatorischen Insuffizienz unter Belastung bei unauffälligem CT-Befund der Lunge. Medizinisch wäre in diesem Fall eine erneute offene Lungenbiopsie zur histopathologischen Abklärung indiziert gewesen. Diese war aber aufgrund der rasch progredienten respiratorischen Insuffizienz kontraindiziert. Allerdings konnte in dem früher entnommenen histologischen Präparat des Aluminiumgranuloms noch angrenzendes Lungengewebe erfolgreich aufgearbeitet werden. Hier zeigte sich eine manschettentförmig konzentrisch Bronchiolen, Gefäße und Alveolarwandungen umgreifende Aluminiumspeicherung (Abbildung 4).

Es muss davon ausgegangen werden, dass diese erhebliche Aluminiumeinlagerung ohne wesentliche Begleitfibrose zu einer Diffusionsstörung und in Kombination mit der Ventilationsstörung zu einer Insuffizienz des pulmonalen Systems führt. Hierfür spricht auch, dass radiologisch, im Perfusionsszintigramm und echokardiographisch alternative Ursachen wie insbesondere Lungenembolien und Herzinsuffizienz für die Lungenfunktionseinschränkungen beziehungsweise die Hypoxie nicht zu finden waren.

Der vorliegende Fall wurde als Sonderform einer Aluminose diagnostiziert und zur Anerkennung als BK 4106 (Erkrankungen der tieferen Atemwege und der Lungen durch Aluminium und seine Verbindungen) empfohlen.

Der Erkrankungsfall weicht in seinem radiologischen Bild und lungenfunktionsanalytischen Verlauf von bisher bekannten typischen Aluminosen ab. Die lange Latenz zwischen arbeitsmedizinisch relevanter Aluminiumexposition und Krankheitsbeginn mit schneller Progredienz kann als eine weitere Besonderheit der Erkrankung interpretiert werden.

#### Die Autoren

**Prof. Dr. Thomas Brüning, Prof. Dr. Jürgen Bünger, Dr. Olaf Hagemeyer, Dr. Frank Hoffmeyer, Eike Marek, Prof. Dr. Rolf Merget, Dr. Jörg Walther, PD Dr. Wolfgang Zschiesche**

IPA

**Dr. Andreas Weber**

Institut für Diagnostische Radiologie,  
Interv. Radiologie und Nuklearmedizin,  
Berufsgenossenschaftliches Universitätsklinikum  
Bergmannsheil

**Dr. Inge Schmitz**

Institut für Pathologie der Ruhr-Universität  
Bochum

- Georgius Agricola Stiftung Ruhr

Beitrag als PDF



#### Literatur

1. Baader EW: Berufskrankheiten. 5. Aufl. Urban & Schwarzenberg, München, 1960
2. Kraus T, Schaller KH, Raithel JH, Letzel S: Frühdiagnostik der Aluminiumstaublunge. *Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed* 1997; 32: 203-207
3. Kraus T, Schaller KH, Angerer J, Letzel S: Aluminium dust induced lung disease in the pyro-powder-producing industry – Detection by high-resolution computed tomography. *Int Arch Occup Environ Health* 2006; 73: 61-64
4. Letzel S, Schaller KH, Hilla W, Windorfer K, Kraus Th: Untersuchungen zur biologischen Halbwertszeit der renalen Aluminiumausscheidung bei Aluminiumschweißern. *Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed* 1999; 34: 456-460
5. Letzel S, Sedlacek S, Kraus T: Aluminium und seine Verbindungen. In: Letzel S, Nowak D (Hrsg): *Handbuch der Arbeitsmedizin*, Ecomed, Landsberg, 2009; D II-1.1.A-1: 1-1311
6. Smolkova P, Nakladova M, Tichy T, Hampalova M, Koled V: Occupational pulmonary aluminosis: A case report. *Ind Health* 2014; 52: 147-51
7. Vahlensieck M, Overlack A, Müller KM: Computed tomography high-attenuation mediastinal lymph nodes after aluminium exposure. *Eur Radiol* 2000; 10: 1945-1946
8. Zschiesche W, Schaller KH, Korus HC, Letzel S, Kraus T: Lungenveränderungen bei langjährigen Aluminium-Schweißern mit hoher Schweißrauch-Exposition. In: Drexler H, Broding C (Hrsg.): *Dokumentationsband 41. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin*, 2001: 386-391
9. Zschiesche W, Buchta M, Kuhlmann A, Letzel S: Lungenfunktionsstatus von langjährig tätigen hochbelasteten Aluminiumschweißern. In: Scheuch K, Haufe E (Hrsg.): *Dokumentationsband über die 43. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin* 2003: 644-647
10. Zschiesche W, Schaller K-H, Letzel S: Erfahrungen mit dem Biomonitoring bei beruflicher Aluminium-Belastung. In: *Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Biomonitoring in der Praxis* 2004. [www.baua.de/de/Publikationen/Fachbeitraege/Gd54.html](http://www.baua.de/de/Publikationen/Fachbeitraege/Gd54.html) 7-151

# Neues aus der Regulation

## Neue TRGS 529 „Tätigkeiten bei der Herstellung von Biogas“

GMBL 2015 S. 190-207 (Nr. 11).

Diese TRGS gilt für alle Tätigkeiten zur Herstellung von Biogas und den Betrieb von Biogasanlagen. Inhaltlich werden in der TRGS technische, organisatorische und personenbezogene Schutzmaßnahmen nach dem Stand der Technik für Gefährdungen durch Biogas sowie branchenspezifische Gefahrstoffe wie Zusatz- und Hilfsstoffe beschrieben. Darüber hinaus werden fachliche Anforderungen an Betriebe und Beschäftigte gestellt. Die Zusammenstellung dieser Schutzmaßnahmen umfasst nicht nur langjährig und in der Biogasbranche bereits umgesetzte Maßnahmen sondern zum Teil auch völlig neue Anforderungen. [www.ipa-dguv.de/links](http://www.ipa-dguv.de/links) Linkcode 146

## Änderungen TRBA 250 „Biologische Arbeitsstoffe im Gesundheitsdienst und in der Wohlfahrtspflege“

(GMBL Nr. 29 vom 21. Juli 2015, Seite 577)  
Die TRBA 250 findet Anwendung auf nicht gezielte Tätigkeiten mit Biostoffen in Bereichen des Gesundheitswesens und der Wohlfahrtspflege, in denen Menschen medizinisch untersucht, behandelt oder gepflegt werden oder in denen Tiere medizinisch untersucht, behandelt oder stationär versorgt werden. Im Anhang 1 „Sonderisolerstationen (Schutzstufe 4)“ wurde im „Teil 2: Sonderisolerstationen – Wichtige Adressen“ die bisherige tabellarische Übersicht „Adressen und Behandlungszentren“ ersetzt durch einen Abschnitt mit einer Erläuterung der Behandlungs-, Kompetenz- und Trainingszentren in der Bundesrepublik Deutschland. Die aktuellen Adressen der Trainings-, Kompetenz- und Behandlungszentren finden sich im Internetangebot des Robert-Koch-Instituts. [www.ipa-dguv.de/links](http://www.ipa-dguv.de/links) Linkcode 147



## Bekanntmachung des BMAS vom 6. Juli 2015 – IIIb3-35122 – zur Anwendung der Gefahrstoffverordnung und der TRGS mit dem Inkrafttreten der CLP-Verordnung

Die Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 „Regulation on Classification, Labelling and Packaging of Substances and Mixtures“ (CLP-VO) ist am 1. Juni 2015 auch für die Einstufung und Kennzeichnung von Gemischen in Kraft getreten. Gemische mit alter Kennzeichnung, die vor dem 1. Juni 2015 verpackt und gekennzeichnet waren, dürfen noch bis 1. Juni 2017 verkauft bzw. abgegeben werden. Die CLP-Verordnung gilt unmittelbar für das Inverkehrbringen von Gemischen. Hinsichtlich dieser Regelungen verweist die derzeitige Gefahrstoffverordnung bereits heute deklaratorisch auf die CLP-Verordnung. Noch vorhandene Bezüge nach der Stoff- und Zubereitungsrichtlinie entfalten keine Wirkung mehr. Die nationalen Regelungen in der Gefahrstoffverordnung und im technischen Regelwerk sind noch nicht vollständig auf die neuen EU-Regelungen umgestellt. Bis zum Erlass der neuen Gefahrstoffverordnung wird empfohlen bei der Gefährdungsbeurteilung und Festlegung der Schutzmaßnahmen sinngemäß die bestehenden Regelungen auf die nach der CLP-Verordnung eingestufteten Stoffe und Gemische anzuwenden. Dies gilt auch für die bestehenden Technischen Regeln, die unabhängig von kurzfristig erforderlichen formalen Anpassungen unverändert angewendet werden können. Die Bekanntmachung zu Gefahrstoffen BkGS 408 „Anwendung der GefStoffV und TRGS bei Inkrafttreten der CLP-Verordnung“ behält weiterhin Gültigkeit. Insbesondere ist darauf hinzuweisen, dass keine sofortige Umstellung der innerbetrieblichen Kennzeichnung erforderlich ist. Mit der Neufassung der Betriebssicherheitsverordnung wurde auch die GefStoffV zum 01.06.2015 geändert. Diese Änderung diente jedoch ausschließlich der Zusammenführung der Explosionsschutzregelungen in der GefStoffV und nicht der Anpassung an die CLP-Verordnung. [www.ipa-dguv.de/links](http://www.ipa-dguv.de/links) Linkcode 148

## Änderungen bei TRBA 240 „Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit mikrobiell kontaminiertem Archivgut“

(GMBL Nr. 29 vom 21. Juli 2015, Seiten 566-576)  
Die TRBA 240 findet Anwendung, wenn bei Tätigkeiten mit kontaminiertem Archivgut, also z.B. Urkunden, Akten, Druckschriften, Zeichnungen, Bild- und Tondokumenten oder elektronische Datenträgern Biostoffe frei werden oder frei werden können und Beschäftigte im Sinne nicht gezielter Tätigkeiten mit diesen Biostoffen in Kontakt kommen können. Die TRBA 240 und die dazugehörige Checkliste „Gefährdungsbeurteilung nach TRBA 240“ wurden redaktionell an die neugefasste Biostoffverordnung (Stand Juli 2013) sowie an die gültige Verordnung zur Arbeitsmedizinischen Vorsorge angepasst, z.B. durch Ersatz des Begriffs „Biologische Arbeitsstoffe“ durch den aktuellen Begriff „Biostoffe“ bzw. durch Ersatz des Begriffs „Pflichtuntersuchungen“ durch den aktuellen Begriff „Pflichtvorsorge“. In der Nummer 4.2 „Tätigkeitsbezogene Gefährdungen“ wird noch einmal klargestellt, dass bei Tätigkeiten mit mikrobiell kontaminiertem Archivgut insbesondere die möglichen gesundheitlichen Gefährdungen durch sensibilisierende und toxisch irritative Wirkungen der Biostoffe für die Ermittlung von Schutzmaßnahmen relevant sind. Das Auftreten von infektiösen Biostoffen in Archivgut ist möglich, aber in der Regel von untergeordneter Bedeutung. In den Nummern 5.3 „Organisatorische Maßnahmen“ und 5.5 „Persönliche Schutzausrüstungen“ wurden die Anforderungen an die Persönliche Schutzausrüstungen (Atemschutz, Einwegschutanzüge, Schutzhandschuhe) an den aktuellen Stand der Normung angepasst. In der auf der BAuA-Homepage veröffentlichten Version sind die Änderungen farblich hervorgehoben. [www.ipa-dguv.de/links](http://www.ipa-dguv.de/links) Linkcode 149

Beitrag als PDF



# Belastung von Schweißern mit Chrom VI

## Auswertung von Daten aus der deutschen Expositionsdatenbank MEGA



Beate Pesch, Thomas Brüning

In einer Publikation zur Belastung von Schweißern mit hexavalentem Chrom, die kürzlich im *International Journal of Hygiene and Environmental Health* erschienen ist, wurden Daten aus der Expositionsdatenbank „Messdaten zur Exposition gegenüber Gefahrstoffen am Arbeitsplatz“ - kurz „MEGA“ - des Instituts für Arbeitsschutz der DGUV ausgewertet. Im Folgenden wird die Publikation kurz zusammengefasst.

Hexavalentes Chrom (Cr(VI)) wurde 1990 von der Internationalen Agentur für Krebsforschung (IARC) aufgrund einer in der Chromatproduktion beobachteten erhöhten Lungenkrebssterblichkeit als Humankarzinogen eingestuft (IARC-Gruppe 1). Dagegen wurde im gleichen Jahr Schweißrauch, der ebenfalls Cr(VI) enthalten kann, nur als möglicherweise krebserzeugend eingestuft (IARC-Gruppe 2B). Bislang gab es nur eine Schweißstudie, bei der die Exposition gegenüber Cr(VI) quantitativ (als „Chromjahre“) abgeschätzt wurde (Gerin et al. 1993). Bei dem umfangreichen Risk Assessment zur Ableitung eines neuen Grenzwertes in den USA hat die Occupational Safety and Health Administration (OSHA) lediglich zwei Chromatkohorten berücksichtigt, nicht jedoch die IARC-Schweißerkohorte, da hier nach Ansicht der OSHA die Expositionsabschätzung nicht ausreichend durch Messwerte gestützt wurde (OSHA 2006). Da seit 2007 in Europa kein Chromat mehr erzeugt wird, stellen Schweißer die Berufsgruppe dar, für die die Frage eines erhöhten Lungenkrebsrisikos in Abhängigkeit von der Höhe der Exposition gegenüber Cr(VI) vorrangig diskutiert werden muss. Eine quantitative Abschätzung der Exposition gegenüber Cr(VI) und anderen Gefahrstoffen wie Nickel oder Asbest und deren Zusammenwirken bei der Entstehung von Lungenkrebs ist Ziel des von der DGUV geförderten Projekts SYNERGY (<http://synergy.iarc.fr/>). In SYNERGY wurde für Schweißer ein mit der Dauer der Exposition steigendes Lungenkrebsrisiko beobachtet (Kendzia et al. 2013). Im Rahmen des Projekts SYNERGY soll nun, gestützt auf Messdaten und Expertenwissen, das Lungenkrebsrisiko für das Zusammenwirken von Cr(VI), Nickel und Schweißrauchpartikel geschätzt werden. Dazu soll die für die IARC-Schweißerkohorte aufgestellte Welding Process Exposure Matrix eingehend überarbeitet werden. Ein erster Schritt ist die Abschätzung der mittleren Expositionshöhe für

Schweißer und andere Berufe mit möglicher Cr(VI)-Belastung anhand der personenbezogenen Messdaten der MEGA-Datenbank.

### Auswertung von Messdaten aus der MEGA-Datenbank

Insgesamt wurden 3.659 personenbezogene Messungen der Cr(VI)-Konzentrationen aus den Jahren 1994 bis 2009 ausgewertet, zu denen Informationen über den Arbeitsplatz, die Dauer und das Jahr der Messung vorlagen. Bis heute ist es schwierig, eine geeignete analytische Methode zu nutzen, die eine Umwandlung zwischen Cr(VI) und Chrom(III) vollständig ausschließen kann (Unceta et al. 2010). Es wurden deshalb nur Daten bei der Auswertung berücksichtigt, die von Proben stammen, die mit einem Quarzfaserfilter ausgestattetem GSP-3,5L/min-Sammler gewonnen und mittels einer spektrophotometrischen Methode ausgewertet wurden. Bei diesem Verfahren muss Cr(VI) aus der Schweißrauchmatrix extrahiert werden, um es dann nach Komplexbildung mit Diphenylcarbacid in saurer Lösung quantitativ nachweisen zu können. Zwei Drittel der vorliegenden Messdaten von Cr(VI) aus der MEGA-Datenbank haben die analytische Bestimmungsgrenze nicht erreicht, die abhängig von der Luftkonzentration und der Dauer der Messung ist. Somit ist es ohne aufwendige statistische Verfahren der multiplen Imputation (s. Info-Box) nicht möglich, Mittelwerte für die Cr(VI)-Belastung insgesamt und in einzelnen Tätigkeiten unverzerrte Mittelwerte zu schätzen. Weiterhin beträgt die mittlere Messdauer bei den in MEGA gespeicherten Daten nur zwei Stunden, so dass speziell für Schweißer eine einfache Hochrechnung auf eine Schichtbelastung von acht Stunden nicht zuverlässig möglich ist. Dafür muss die Brenndauer von Schweißgeräten während einer Schicht berücksichtigt werden. Diese wird beispielsweise in den Niederlanden gemessen, sie beträgt etwa 2-4 Stunden einer Schicht.

### Imputation

Unter dem Begriff Imputation werden in der Mathematischen Statistik Verfahren zusammengefasst, mit denen fehlende Daten in statistischen Erhebungen in der Datenmatrix vervollständigt werden. Bei der multiplen Imputation handelt es sich um ein vergleichsweise anspruchsvolles Missing-Data-Verfahren. Prinzipiell bedeutet „multipel“, dass dieses Verfahren für jeden fehlenden Wert gleich mehrere Schätzwerte in mehreren Imputationsschritten liefert. Diese können anschließend zu einem Schätzwert gemittelt werden. Dabei orientiert sich das Verfahren an der Verteilung der messbaren Werte.

Mit den imputierten Messdaten, die aufgrund der Verteilung im messbaren Bereich abgeschätzt werden können, wurden für Schweißer und weitere Berufe die mittleren Cr(VI)-Konzentrationen abgeschätzt. Die große Zahl von Messdaten für Schweißer erlaubte es, nach wichtigen Schweißverfahren zu differenzieren. Rund 600 Messdaten standen jeweils für das Wolfram-Inertgas-Schweißen (WIG) und das Metallschutzgasschweißen wahlweise mit inerten Gasen (MIG) oder mit aktiven Gasen (MAG) zur Verfügung. Die Exposition gegenüber Cr(VI) beim WIG-Schweißen hat überwiegend die analytische Bestimmungsgrenze nicht erreicht und wurde mit einem geometrischen Mittelwert von  $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  geschätzt. Dagegen betrug die mittlere Konzentration von Cr(VI) beim MAG/MIG-Schweißen etwa  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Hier erreichte etwa jeder zweite Messwert die Bestimmungsgrenze. Zu beachten ist jedoch, dass Cr(VI) nicht in jeder Schweißrauchprobe bestimmt wird, sondern nur dann, wenn eine Cr(VI)-Exposition vermutet wird, da die analytische Methode aufwändig ist. Daher kann nicht für jeden MAG/MIG-Schweißer von dieser Expositionshöhe ausgegangen werden. In der Schweißstudie WELDOX wurde eine mögliche systemische Exposition gegenüber Cr(VI) nur bei 6% aller untersuchten Schweißer durch Chrom in Erythrozyten nachgewiesen (Pesch et al. 2015). Neben einigen Lichtbogenhandschweißern waren dies insbesondere Schweißer, die unter ungünstigen Raumverhältnissen Edelstahl mit Fülldraht geschweißt hatten.

### Fazit

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass Cr(VI) nur in einem Drittel aller Schweißrauchproben analytisch nachweisbar war. Für die Überarbeitung der Welding Process Exposure Matrix (JEM) ist somit eine zusätzliche Hochrechnung auf die mittlere Schichtbelastung von Schweißern nach Schweißverfahren und Material erforderlich. Dazu ist auch Expertenwissen über die Brenndauer der Schweißgeräte und den Anteil von Schweißern notwendig, bei denen aufgrund einer sehr geringen Cr(VI)-Exposition vermutlich keine Messungen durchgeführt wurden. Mit einer analogen Abschätzung der Nickel- und Partikelexposition kann mit der so erarbeiteten JEM das Lungenkrebsrisiko von Schweißern erstmals im Rahmen von SYNERGY eingehend in Abhängigkeit von Cr(VI) und

im Zusammenwirken mit anderen Metallen und Partikeln geschätzt werden. Für eine solche Auswertung ist der Berufstitel „Schweißer“ jedoch zu unspezifisch. Daher werden derzeit Daten aus Zusatzfragebögen zusammengestellt, die einige Studien eingesetzt haben, um für Schweißer auch Informationen zum Schweißverfahren und zu den Werkstoffen zu dokumentieren.

### Kostenloser Download

Pesch B, Kendzia B, Hauptmann K, Van Gelder R, Stamm R, Hahn JU, Zschesche W, Behrens T, Weiß T, Siemiatycki J, Lavoué J, Jöckel KH, Brüning T: Airborne exposure to inhalable hexavalent chromium in welders and other occupations: Estimates from the German MEGA database. *Int J Hyg Environ Health* 2015; 218: 500-506. [www.ipa-dguv.de](http://www.ipa-dguv.de)

Beitrag als PDF



### Die Autoren

Prof. Dr. Thomas Brüning, PD Dr. Beate Pesch  
IPA

### Literatur

1. Gérin M, Fletcher AC, Gray C, Winkelmann R, Boffetta P, Simonato L: Development and use of a welding process exposure matrix in a historical prospective study of lung cancer risk in European welders. *Int J Epidemiol.* 1993;22 Suppl 2: S22-28
2. Kendzia B, Behrens B, Jöckel KH, Siemiatycki J, Kromhout H, Vermeulen R, Peters S, Van Gelder R, Olsson A, Brüske I, Wichmann HE, Stücker I, Guida F, Tardón A, Merletti F, Mirabelli D, Richiardi L, Pohlmann H, Ahrens W, Landi MT, Caporaso N, Consonni D, Zaridze D, ..., Bueno-de-Mesquita B, Boffetta P, Schüz J, Straif K, Pesch B, Brüning T: Welding and lung cancer in a pooled analysis of case-control studies. *Am J Epidemiol* 2013; 178: 1513-1525
3. Occupational safety and Health Administration (OSHA): Occupational exposure to hexavalent chromium. Final rule. *Fed Regist* 71: 10099-385
4. Pesch B, Lotz A, Koch HM, Marczyński B, Casjens S, Käfferlein HU, Welge P, Lehnert M, Heinze E, Van Gelder R, Hahn JU, Behrens T, Raulf M, Hartwig A, Weiß T, Brüning T: Oxidatively damaged guanosine in white blood cells and in urine of welders: associations with exposure to welding fumes and body iron stores. *Arch Tox* 2015; 89: 1257-1569
5. Unceta N, Séby F, Malherbe J, Donard OF: Chromium speciation in solid matrices and regulation: a review. *Anal Bioanal Chem* 2010; 397: 1097-111

# Kanzerogene Wirkung von Chrom (VI)-Verbindungen

## Wissenschaftliche Datenlage zur BK-Nr. 1103

Thomas Brüning, Beate Pesch, Wolfgang Zschiesche, Peter Welge, Olaf Hagemeyer, Tobias Weiß, Gerhard Schlüter, Eberhard Nies, Frank Bochmann, Roger Stamm, Stefanie Palfner, Dirk Pallapies

Im Folgenden wird der Beitrag „Wissenschaftliche Datenlage zur BK-Nr. 1103 im Hinblick auf die kanzerogene Wirkung von Chrom(VI)-Verbindungen“ von Brüning et al. (2015) aus der Zeitschrift *Arbeitsmedizin Sozialmedizin und Umweltmedizin (ASU)* zusammengefasst. In der Publikation werden für Chrom(VI)-Verbindungen die Erkenntnisse aus tierexperimentellen Untersuchungen, epidemiologischen Studien und Überlegungen zum toxikologischen Wirkmechanismus dargestellt. Es wird versucht zu klären, inwiefern sich die Studien, die den vom Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) veröffentlichten spezifischen Krebsrisiko-Berechnungen zugrunde liegen, zur Ableitung eines Orientierungsmaßes im Rahmen der Beurteilung einer Lungenkrebserkrankung nach Chrom-Exposition am Arbeitsplatz im Hinblick auf die BK-Nr. 1103 nutzen lassen.

International besteht Konsens, dass eine Exposition gegenüber hexavalentem Chrom (Cr(VI)) beim Menschen Krebs erzeugen kann. Epidemiologische Studien haben ein erhöhtes Lungenkrebsrisiko nach inhalativen Chromexpositionen an Arbeitsplätzen in der Chromaterzeugung gezeigt (siehe z. B. Gibb et al. 2000, Mundt et al. 2002, Luippold et al. 2003). Während die krebserzeugende Wirkung der Exposition gegenüber Cr(VI) qualitativ belegt ist, bereitet die Ableitung einer Dosis-Wirkungs-Beziehung (in diesem Fall eine Beziehung zwischen Exposition und kanzerogenem Risiko) erhebliche Probleme. Wegen der häufig gleichzeitigen Expositionen der Versicherten gegenüber verschiedenen weiteren Formen von Chrom - insbesondere dem stabileren dreiwertigen Chrom (Cr(III)) - ist die eindeutige Zuordnung von spezieller Ursache und Wirkung allein anhand der epidemiologischen Daten nur schwer möglich.

Der vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) berufene Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) leitet seit 2005 Exposition-Risiko-Beziehungen (ERB) für krebserzeugende Arbeitsstoffe als Präventionsinstrument ab.

Sie dienen dazu, die Lebensarbeitszeitkonzentrationen abzuleiten, die einem zusätzlichen arbeitsbedingten „tolerablen“ beziehungsweise „akzeptablen“ Lebenszeit-Erkrankungsrisiko von 4 : 1.000 beziehungsweise 4 : 10.000 (künftig 4 : 100.000) entsprechen. Während die tierexperimentellen Daten zu Chrom(VI) vom AGS als unzureichend für eine quantitative Risikoabschätzung betrachtet wurden, wurde aufgrund der Unsicherheiten in den vorliegenden epidemiologischen Studien vom AGS keine ERB mit entsprechender Akzeptanz- oder Toleranzkonzentration für Chrom(VI) aufgestellt, sondern ein Wert von  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als Beurteilungsmaßstab (Schichtmittel, Überschreitungsfaktor 8) festgelegt, der in einer Schutzmaßnahmen-Technische Regel für Gefahrstoffe verankert werden wird. Dieser Wert entspricht näherungsweise einem Risiko von 4 : 1000, ist jedoch aus einer Extrapolation mit relativ hohen Unsicherheiten gewonnen worden.

### Betrachtung von epidemiologischen Studien

Im ASU-Beitrag werden diejenigen epidemiologischen Studien detaillierter betrachtet, in denen Informationen zur Frage der Beziehung zwischen quantitativen Daten zur Cr(VI)-Exposition am Arbeitsplatz und einem Krebsrisiko publiziert wurden; dies sind die „Baltimore-Kohorte“ (Gibb et al. 2000) und die „Painesville-

Kohorte“ (Luippold et al. 2003) sowie eine deutsche Kohorte mit Biomonitoringdaten (Birk et al. 2006):

#### „Baltimore-Kohorte“

Die sogenannte „Baltimore-Kohorte“ (Gibb et al. 2000) betrachtet mehr als 4.200 Beschäftigte in der Chromatproduktion aus den Jahren 1945 bis 1974, von denen etwa die Hälfte wiederholt für Risikoschätzungen analysiert wurden. Die Gesamtsterblichkeit der Kohorte im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung der USA war nur leicht und nicht signifikant erhöht. Das Lungenkrebsrisiko (SMR) betrug 1,80 (95% CI 1,49-2,14), basierend auf 122 Fällen. Aufgrund der extrem kurzen Beschäftigungsdauer vieler Beschäftigter in Verbindung mit erheblichen Schwächen in der Abschätzung der Exposition gegenüber Cr(VI) sowie unzureichender quantitativer Informationen über das Rauchverhalten in Kombination mit der Tatsache, dass fast nur Raucher Lungenkrebs entwickelten, ist diese Kohorte für quantitative Expositions-Wirkungs-Abschätzungen nicht geeignet.

#### „Painesville-Kohorte“

Die „Painesville-Kohorte“ umfasst 493 Beschäftigte, die in den Jahren 1940-1972 exponiert waren (Luippold et al. 2003). Insgesamt traten 51 Lungenkrebsfälle bis 1997, 25 Jahre nach Schließung der Werke, auf (SMR 2,4, 95% CI 1,8-3,2). Wenngleich in dieser Kohorte eine längere Beschäftigungsdauer als in der „Baltimore-Kohorte“ vorliegt, ist auch die „Painesville-Kohorte“ aufgrund der unpräzisen Cr(VI)-Expositionsabschätzung, der weit überwiegend hohen Cr(VI)-Konzentrationen und insbesondere eines Confoundings durch Rauchen (Adjustierung nicht möglich) sowie durch den Zusatz von Kalk für eine quantitative Exposition-Risiko-Analyse mit Bewertung des Niedrig-Dosis-Bereichs nicht geeignet.

#### Studie von Birk et al.

Aufgrund der beschriebenen Probleme der „Baltimore“- und „Painesville“-Kohorten hatte der AGS die einzige Studie mit wiederholten individuellen Expositionsbestimmungen in Form von Biomonitoringdaten, die Studie von Birk et al. (2006), besonders berücksichtigt. Birk et al. (2006) berichten über den deutschen Teil der „multi-plant study“ von Mundt et al. (2002), in den nur Personen eingeschlossen wurden, die ausschließlich nach einer Umstellung zu kalkfreier beziehungsweise kalkarmer Produktion beschäftigt waren. Umfangreiche Biomonitoring-Daten zu Chrom im Urin vor einer Arbeitsschicht wurden zur Ermittlung der lebenslangen Exposition hinzugezogen. In

diesen Betrieben war die Lungenkrebssterblichkeit in der höchsten Belastungskategorie im Vergleich zum Erwartungswert aus der lokalen Bevölkerung mit einer SMR von 2,09 (95% CI 1,08-3,65) erhöht, basierend auf 12 Fällen und ohne Berücksichtigung einer Latenzzeit zwischen Exposition und Diagnose der Krebserkrankung.

Diese Studie weist ebenfalls – neben der geringen Fallzahl – eindeutige Schwachpunkte auf:

Insbesondere gibt es keine spezifische Expositionsabschätzung gegenüber Cr(VI), sondern nur eine Abschätzung der Cr(VI)-Exposition über Chrom-Messungen mittels Biomonitoring im Urin vor und nicht nach einer Arbeitsschicht. Um eine Kontamination zu vermeiden, waren unter der Annahme einer relativ langsamen renalen Chrom-Elimination die Urinproben jeweils zu Schichtbeginn gesammelt worden.

Dennoch kann die Studie von Birk et al. (2006) als die einzige angesehen werden, die einigermaßen verlässliche Angaben zu einer Quantifizierung einer Exposition-Risiko-Beziehung zwischen Cr-Exposition und Lungenkrebs liefert, jedoch nicht präzise zu Cr(VI) selbst.

Nach Auffassung des AGS lässt auch die Studie von Birk et al. (2006) die Ableitung einer belastbaren Dosis-Wirkungs-Beziehung, vor allem im Niedrigdosisbereich, nicht zu. Angesichts der beschriebenen Unsicherheiten lässt sich auch kein exakter Wert angeben, der mit einer Risikoverdoppelung assoziiert ist. Die vorhandene Datenlage liefert für höhere Expositionen, die zu einer Risikoverdopplung führen können, jedoch gewisse Anhaltspunkte für einen korrespondierenden kumulativen Dosiswert.

Betrachtet man die Studie von Birk et al. (2006) näher, lässt sich aber folgende orientierende Berechnung durchführen:

Der Mittelwert in der höchsten Belastungskategorie für Cr(VI) lag bei ca. 400 [ $\mu\text{g}/\text{L} \times \text{Jahre}$ ]. Dividiert man diesen Wert durch 40 Jahre, die Arbeitslebensdauer, so erhält man eine mittlere Urinkonzentration von 10  $\mu\text{g}/\text{L}$ . Daraus ergibt sich nach der EKA-Korrelation (DFG, 1989) eine mittlere Luftkonzentration von 12,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  Cr(VI) am Arbeitsplatz. Bei 40 Jahren Lebensarbeitszeit entspricht dies einer Dosis von 500 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{Jahre}$ ], die mit einem ungefähr verdoppelten Risiko für Lungenkrebs assoziiert wäre.

#### Fazit

Auch unter Berücksichtigung der weiteren wissenschaftlichen Datenlage wird ein Wert von 500 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{Jahre}$ ] im Sinne eines Konsenses vorgeschlagen, ab dem die Cr(VI)-Exposition als wesentliche Teilursache einer Lungenkrebserkrankung in der Regel angenommen werden kann. Der Wert von 500 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{Jahre}$ ] ist dabei als Orientierungsmaß zu betrachten. Weder ist der Wert als starres Abschneidekriterium zu benutzen noch sollte er als alleiniges Entscheidungskriterium im Berufskrankheitenverfahren nach BK-Nr. 1103 herangezogen werden. Es ist die Aufgabe des qualifizierten arbeitsmedizinischen Gutachters, unter Berücksichtigung aller relevanten Umstände die Plausibilität eines Kausalzusammenhangs zu beurteilen.

#### Die Autoren

Prof. Dr. Thomas Brüning, Dr. Olaf Hagemeyer, Dr. Dirk Pallapies, PD Dr. Beate Pesch, Prof. Dr. Gerhard Schlüter, Dr. Tobias Weiß, Peter Welge, PD Dr. Wolfgang Zschiesche, IPA

Dr. Frank Bochmann, Dr. Eberhard Nies, Dr. Roger Stamm  
Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA)

Stefanie Palfner  
DGUV

Beitrag als PDF



#### Literatur

1. Birk T, Mundt KA, Dell LD, Luippold RS, Miksche L, Steinmann-Steiner-Haldenstaett W, Mundt DJ: Lung cancer mortality in the German chromate industry, 1958 to 1998. *J Occup Environ Med* 2006; 48: 426-433
2. Brüning T, Pesch B, Zschiesche W, Welge P, Hagemeyer O, Weiß T, Nies E, Bochmann F, Stamm R, Palfner S, Pallapies D: Wissenschaftliche Datenlage zur BK-Nr. 1103 im Hinblick auf die kanzerogene Wirkung von Chrom(VI)-Verbindungen. *ASU* 2015; 09: in press
3. DFG – Deutsche Forschungsgemeinschaft: Alkalichromate-(VI). In: Biologische Arbeitsstoff-Toleranz-Werte (BAT-Werte), Expositionsäquivalente für krebserzeugende Arbeitsstoffe (EKA), Biologische Leitwerte (BLW) und Biologische Arbeitsstoff-Referenzwerte (BAR) – Arbeitsmedizinisch-toxikologische Begründungen (Hrsg.: Drexler H, Hartwig A). *Lo-seblattsammlung*, Weinheim: Wiley-VCH. 4. Lieferung 1989 (Link zur MAK-Collection: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/3527600418.bb0ek1d0004/pdf>, letzter Zugriff 13.3.2015)
4. Gibb HJ, Lees PS, Pinsky PF, Rooney BC: Lung cancer among workers in chromium chemical production. *Am J Ind Med* 2000; 38: 115-126
5. Luippold RS, Mundt KA, Austin RP et al.: Lung cancer mortality among chromate production workers. *Occup Environ Med* 2003; 60: 451-457
6. Mundt KA, Dell LD, Austin RP et al.: Collaborative cohort mortality study of four chromate production facilities, 1958 - 1998. Final Report. Prepared for: Industrial Health Foundation, Inc., Pittsburgh, PA. Prepared by: Applied Epidemiology, Inc., Amherst, Massachusetts. September 27, 2002.



## 10 Jahre nach der Novellierung der Gefahrstoffverordnung - wo stehen wir heute?

### Interview mit Dr. Martin Kayser, Vorsitzender des Ausschusses für Gefahrstoffe

Der Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) berät das Bundesministerium für Arbeit und Soziales in allen Fragen des Arbeitsschutzes zu Gefahrstoffen einschließlich der Einstufung und Kennzeichnung. Das IPA sprach mit dem derzeitigen Vorsitzenden des AGS Dr. Martin Kayser über die bisher geleistete Arbeit sowie die zukünftig anstehenden Schwerpunkte und Umsetzungen.

#### Welche wegweisenden Entwicklungen gab es im AGS in den vergangenen 10 Jahren?

Der Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) hat in den vergangenen Jahren mutig neue Konzepte zur Bewertung von Gefahrstoffen am Arbeitsplatz vorangetrieben. Dabei ist das Risikokonzept für Stoffe ohne Grenzwerte herauszuheben. Mit den vom UA III erstellten Exposition-Risikobeziehungen (ERB) wurde ein Konzept vorgelegt, das auf wissenschaftlicher Basis eine zuverlässige Risikobewertung ermöglicht. Die Qualifizierung möglicher Risiken am Arbeitsplatz erlaubt damit einen in einen breiten gesellschaftlichen Konsens eingebetteten Ansatz zur Verbesserung des Schutzes der Arbeitnehmer.

#### In einer Zeit zunehmender Internationalisierung - welche Bedeutung haben AGWs als nationale Grenzwerte? Könnte das Modell der ERB's internationale Akzeptanz finden?

Das ERB Modell ist zukunftsweisend, wissenschaftlich solide und kann zumindest die Grundlage ähnlicher Konzepte weltweit darstellen. Vom AGS verabschiedete AGWs gelten auch außerhalb Deutschlands, zumindest in der EU, als Grundlage und Maßstab zur Ableitung gesundheitsbasierter Grenzwerte. Sie genießen eine hohe Reputation und wurden auch bei der Erstellung von REACH-Dossiers von den einreichenden Firmen berücksichtigt.

#### Berücksichtigt der AGS auch internationale Entwicklungen im Gefahrstoffrecht?

Der AGS setzt nicht nur selbst Maßstäbe, er beobachtet auch sehr genau internationale Entwicklungen und berücksichtigt diese bei der eigenen Arbeit. Als Beispiel sei die Nanotechnologie genannt, bei der es um die Bewertung neuer Materialien geht. Hier hat der AGS ein innovatives Bewertungskon-

zept entwickelt, das auf Ergebnissen aus nationalen und internationalen Programmen basiert.

#### Der AGS – das entscheidende deutsche Gremium für die Prävention gefahrstoffbedingter Gefährdungen am Arbeitsplatz, wird sich an dieser Rolle etwas ändern?

Der AGS hat sich als fachlich orientiertes und transparentes Gremium mit Beteiligung aller gesellschaftlich relevanter Kreise in Deutschland über viele Jahre etabliert und bewährt. Die führende Rolle im Arbeitsschutz und bei der Erarbeitung pragmatischer Konzepte wird national aber auch international anerkannt. Ich sehe in Deutschland eine breite Unterstützung für die Arbeit des AGS, sowohl aus der Politik als auch bei den Sozialpartnern und in der akademischen Welt. Daher wird sich aus meiner Sicht die bewährte Rolle des AGS

in der nächsten Zukunft nicht ändern, sie wird eher an Gewicht zunehmen.

**Es gibt eine Reihe von Themen, die sowohl den AGS als auch den Ausschuss für Arbeitsmedizin (AfAMed) betreffen. Gibt es hier einen regelmäßigen Austausch bei den Arbeitsergebnissen beider Ausschüsse?**

Beide Ausschüsse arbeiten gut zusammen und bearbeiten gemeinsam, im Rahmen der vereinbarten Zuständigkeiten, sinnvolle und pragmatische technische Richtlinien für den Arbeitsschutz. Ein regelmäßiger Austausch von Informationen und gegenseitige Konsultation ist dabei selbstverständlich. Nach anfänglichen Abstimmungsproblemen, die auch bei der Etablierung neuer Prozesse zu erwarten sind, besteht mittlerweile Übereinstimmung über die jeweiligen Verantwortungsbereiche und die Aufgaben werden entsprechend wahrgenommen. Ich würde mir lediglich noch eine bessere Ausstattung des AfAMed mit den erforderlichen Ressourcen wünschen, damit die entsprechenden Bewertungen zum Beispiel im Rahmen der Erstellung von TRGSen fristgerecht erarbeitet werden können.

**Der AGS ist nach Novellierung der Gefahrstoffverordnung (Gef-StoffVO) in nur drei Unterausschüssen organisiert. Hat sich diese Konstellation bewährt?**

Die Organisation der im AGS anfallenden Aufgaben in drei Unterausschüssen hat sich aus meiner Sicht bewährt. Die jeweiligen Unterausschüsse haben ihrerseits wieder viele Arbeitsgruppen, in denen die besten Experten zu den jeweiligen Themen mitarbeiten. Diese schlanke Struktur und die zuverlässig und gut funktionierende Koordination durch die Unterausschüsse führt zu einer effizienten Arbeitsweise. Daneben gibt es nur wenige Überschneidungen zwischen den Gremien, die Aufgabenbereiche und Zuständigkeiten sind gut definiert und werden in der Praxis auch so gelebt.

**Sind AGW und DNEL konkurrierende oder synergistische Grenzwerte?**

Mit der Einführung von REACH hatten eine Reihe von Experten die Befürchtung, dass es zur Aufstellung konkurrierender Grenzwerte für Gefahrstoffe am Arbeitsplatz kommen würde und dass dies den Arbeits-

schutz eher verschlechtern könnte. Heute kann man ganz klar sagen, dass sich diese Befürchtung nicht bewahrheitet hat. AGW und Derived no-effect level-Werte (DNEL) für den Arbeitsschutz sind in vielen Fällen identisch oder ähnlich und ergänzen sich eher als dass sie zu Konflikten führen. In einigen Bereichen, wie bei natürlich vorkommenden Stoffen, haben die AGWs ohnehin einen Alleinstellungscharakter. In anderen Fällen liefern AGWs die Grundlage für die Ableitung entsprechender DNELs. Für Stoffe, für die keine AGWs existieren, stellen die DNELs einen Anhaltspunkt für den Arbeitgeber bezüglich erforderlicher Maßnahmen dar.

**Welche Bedeutung haben Verfahrens- und stoffspezifische Kriterien (VSK) nach Etablierung des Risiko-Akzeptanz- Modells und des ERB-Konzepts?**

Die Bedeutung der VSKs wurde und wird im AGS regelmäßig diskutiert und hinterfragt. Für mich stellen sie ein einfaches Konzept dar, der Praxis Vorschläge zur Umsetzung von Maßnahmen an die Hand zu geben, die einen sicheren Umgang mit Gefahrstoffen ermöglichen. Dabei spielen Erfahrung und bewährtes Vorgehen eine entscheidende Rolle sowie die Bereitschaft aller Beteiligten, bestimmte Annahmen zu akzeptieren und bei der Umsetzung und Erfolgskontrolle Augenmass und Pragmatismus anzuwenden.

**Welche wichtigen Umsetzungen/ Schwerpunkte stehen kurz- und mittelfristig an?**

Der AGS wird sich immer wieder aktuellen Fragestellungen annehmen und ihnen den notwendigen Raum zur Diskussion und zur Erarbeitung innovativer Konzepte geben. Die Bewertung von Metallen und ihren Verbindungen wird sicher einen Schwerpunkt der Arbeit über die nächsten Jahre darstellen. Auch Quarz wird den AGS weiter beschäftigen, wobei sich hier bereits gute und vielversprechende Ansätze zeigen. Die Bedeutung von REACH für den Arbeitsschutz wird weiterhin ein Thema sein, ebenso die weitere Verfeinerung des ERB-Konzepts.

**Die Lösung welcher zukünftigen grundsätzlichen Aufgaben hat sich der AGS in der kommenden Dekade zum Ziel gesetzt?**

Ich würde mich zunächst gerne auf die an-



Dr. Martin Kayser, BASF, Vorsitzender des Ausschuss für Gefahrstoffe

stehende Arbeitsperiode des AGS, also auf die nächsten 4 Jahre beschränken wollen. Ein aus meiner Sicht grundsätzliches Thema ist der Umgang mit neuen Technologien, neuen Materialien, wie am Beispiel der Nanotechnologie gesehen. Die entscheidende Frage ist dabei, wie in einer Situation, in der noch große Wissenslücken und Unsicherheiten bestehen, eine wissenschaftlich fundierte Bewertung der infrage kommenden Substanzen gelingen kann. Welche Bewertungskonzepte sind geeignet, den vorhandenen Unsicherheiten bei der Einführung neuer Technologien gerecht zu werden, die den nötigen Pragmatismus berücksichtigen, ohne den Schutz am Arbeitsplatz zu vernachlässigen? Eine Herausforderung wird auch weiterhin die Frage sein, welche Rolle Humandaten bei der toxikologischen Bewertung spielen und welche Anforderungen an die Qualität und Robustheit von Daten aus Humanstudien gestellt werden müssen.

Beitrag als PDF



# Nicht-Invasive Methoden

## Wichtige Werkzeuge für die Diagnostik von arbeitsbedingten Atemwegs- und Lungenerkrankungen



Frank Hoffmeyer, Monika Raulf

Arbeitsbedingte Atemwegs- und Lungenerkrankungen sind für die gesetzliche Unfallversicherung von großer Bedeutung. Dabei besteht der Anspruch beruflich bedingte Erkrankungen zu verhindern (Primärprävention) und wo dies nicht möglich ist, diese frühzeitig zu erkennen (Sekundärprävention). Das IPA entwickelt diagnostische Möglichkeiten, um mittels geeigneter Biomarker gesundheitsrelevante Veränderungen mit modernen Methoden frühzeitig zu erfassen beziehungsweise zu objektivieren.

Expositionen am Arbeitsplatz gegenüber Gefahrstoffen mit sensibilisierendem, irritativem oder toxischem Potenzial sind trotz aller Präventionsmaßnahmen auch weiterhin nicht zu vermeiden. Hohe und/oder wiederholte Expositionen können zu verschiedenen akuten als auch chronischen Atemwegs- und Lungenerkrankungen führen. Im IPA wurden verschiedene nicht-invasive Methoden (NIM) zur Beschreibung von Atemwegs- und Lungenerkrankungen etabliert. Sie ermöglichen eine frühzeitige Erfassung von berufsbedingten Atemwegs- und Lungenerkrankungen. Dabei werden in der Regel die zugrunde liegenden pathophysiologischen Mechanismen wie Entzündung oder oxidativen Stress mittels Bestimmung von Zellprofil und/oder Entzündungsmediatoren analysiert. Biomarker, die im Rahmen der Entzündung von den betroffenen Zellen im Atemtrakt freigesetzt werden, können schon bei ansonsten klinisch Gesunden frühzeitig auf die Einwirkung von Gefahrstoffen hinweisen. Als Biomarker können biochemische, molekulare oder zelluläre Änderungen des Organismus dienen, die das Maß des einwirkenden Schadstoffs oder die biologischen Reaktionen in Folge der Einwirkung widerspiegeln (► Info-Box Biomarker).

Die Analyse von Effektmarkern der unteren Atemwege kann im induzierten Sputum, der ausgeatmeten Luft oder dem Atemkondensat (Exhaled Breath Condensate, EBC) erfolgen [Übersicht in 1, 2]. Bei Allergien treten zunächst im Bereich der oberen Atemwege rhino-

konjunktivale Beschwerden auf, bevor es zu Symptomen der unteren Atemwege (allergisches Asthma) kommt. Insbesondere bei chemisch-irritativ sensibilisierenden und/oder reizend wirkenden Stoffen treten erste – möglicherweise adverse – Effekte im Bereich der Nase auf. Durch Einschluss der nasalen Lavage ergibt sich die Möglichkeit den gesamten Atemtrakt (von der Nase bis zur Alveole) zu untersuchen. Expositions- und Effektmarker der oberen Atemwege können daher z.B. in der Nasallavageflüssigkeit (NALF) quantifiziert werden. Insbesondere der nicht- beziehungsweise wenig invasive Charakter dieser Untersuchungen erhöht die Akzeptanz der angeführten Methoden. Im IPA finden die Verfahren bereits eine breite Anwendung in zahlreichen Studien sowie im Bereich der Begutachtung [3 - 5].

### Messung von Biomarkern im Rahmen der Kompoststudie

In aktuellen Untersuchungen konnte die Bedeutung nicht-invasiver Methoden bei der Analyse von Biomarkern im Zusammenhang mit der Bewertung entzündlicher Veränderungen im Bereich der Atemwege von Beschäftigten in Kompostierungsanlagen belegt werden [6, 7] (► S. 26 „Gesundheitsrisiken bei der Abfallsammlung und in Kompostierungsanlagen“). Es zeigte sich hier, dass neben dem Rauchverhalten der Atopiestatus Einfluss auf die Ausprägung von Entzündungsreaktionen bei Kompostwerkern hat. Atopie bedeutet die genetisch determinierte Bereitschaft, auf aerogenen, gastroin-

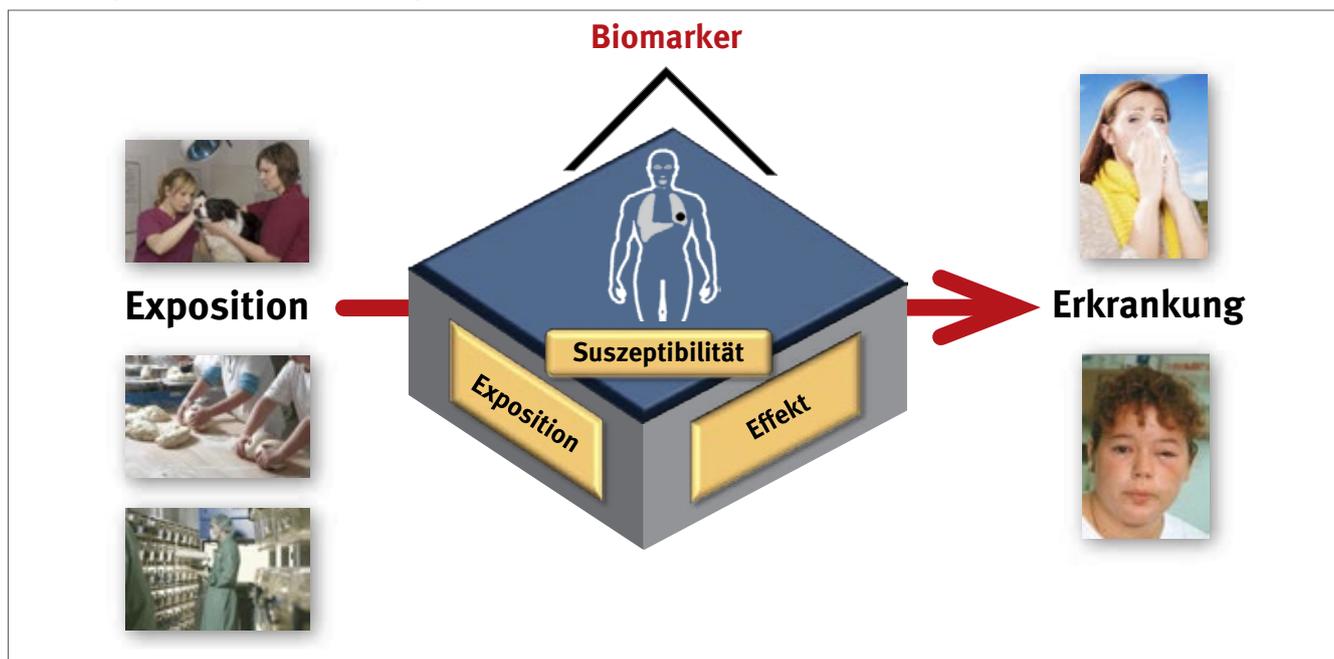
testinalen oder kutanen Kontakt mit natürlichen oder künstlichen Umweltstoffen mit gesteigerter IgE-Bildung zu reagieren und ist ein wichtiger Suszeptibilitätsmarker, den es bei der Bewertung von Expositions-Effekt-Beziehungen im Bereich der Atemwege zu berücksichtigen gilt. Als Biomarker einer Entzündungsreaktion der Atemwege wurden der Gehalt an 8-Isoprostan, Leukotrien B<sub>4</sub> (LTB<sub>4</sub>), Prostaglandin E<sub>2</sub> (PGE<sub>2</sub>) und der pH-Wert im EBC sowie das Stickstoffmonoxid in der Ausatemluft (FeNO) bestimmt. Insgesamt ließen sich bei Arbeitern mit hoher Bioaerosolexposition höhere Konzentrationen an 8-Isoprostan nachweisen als bei Niedrig-Exponierten. Betrachtet man die Ergebnisse in Bezug zum Rauch- und Atopiestatus der untersuchten Beschäftigten, so sind die unterschiedlichen Ergebnisse insbesondere darauf zurückzuführen, dass die untersuchten Personen entweder Nichtraucher oder Atopiker waren. Eine positive Assoziation zwischen der Gesamt-Beschäftigungsdauer und Höhe der FeNO-Werte beziehungsweise umgekehrten Beziehungen zwischen der Zeit, die täglich unter klimatisierten Verhältnissen gearbeitet wurde, und Höhe der FeNO-Werte war jeweils nur für atopische Arbeiter darstellbar. Ferner konnte ein Einfluss des Rauchens auf die Biomarker FeNO und pH-Wert des EBC belegt werden. Die Analyse der zellulären und löslichen Biomarker im induzierten Sputum [7] zeigten entzündliche Veränderungen an den tieferen Atemwegen sowohl bei den aktuell tätigen als auch bei den ehemaligen Kompostarbeitern. Ausgeprägt waren diese Veränderungen insbesondere bei Personen mit chronischer Bronchitis.

**Weiterentwicklung von nicht-invasiven Methoden**

Neben der unmittelbaren projektbezogenen Anwendung der nicht-invasiven Methoden, werden im IPA neue Methoden ständig weiterentwickelt und evaluiert. Zwei aktuelle Beispiele hierfür sind die Gewinnung von EBC und die Bestimmung von Stickstoffmonoxid.

**Biomarker**

- Entsprechend der Zielsetzung eines Biomarkers lassen sich Marker der Exposition, des Effektes oder der persönlichen Empfindlichkeit gegenüber äußeren Einflüssen (Suszeptibilität) unterscheiden.
- Expositionsmarker lassen sich weiter unterteilen in Marker, die die interne Dosis oder effektive Dosis beschreiben.
- Effektmarker beschreiben biologische Veränderungen, die möglichst früh im Verlauf einer beginnenden Erkrankung, idealerweise im noch reversiblen Stadium, auftreten.
- Suszeptibilitätsmarker erlauben den Nachweis von Dispositionen und in diesem Sinne besonders empfindlicher Personen. Damit trägt man der Beobachtung Rechnung, dass es bei vergleichbarer äußerer Exposition zum Teil zu erheblichen interindividuellen Schwankungen der inneren Belastung und der biochemischen und biologischen Effekte kommen kann. Neben genetisch determinierten Enzymausstattungen und der resultierenden Enzymaktivität, die im Rahmen des Biomonitoring häufig von Bedeutung sind, sollten bei der Einwirkung von biologischen Substanzen mit zum Teil sensibilisierendem Potenzial, auch die Veranlagung zu allergischen Erkrankungen, die Atopie, berücksichtigt werden.



Schema zur Wirkung von Gefahrstoffen mit sensibilisierendem, irritativem oder toxischem Potenzial

a.) Gewinnung von EBC

EBC ist der in flüssiger Form vorliegende Anteil der Ausatemluft, also des Exhalates. Die Ausbeute und die qualitativen Eigenschaften des EBC werden neben der angewendeten Kühltemperatur im Wesentlichen durch Materialeigenschaften der Kondensations- sowie Sammeleinheit bestimmt. Hier gilt es unter anderem Einmal- und wiederverwertbare Elemente zu unterscheiden. Bei dem anfänglich im IPA eingesetzten Gerät zeigten sich Abnutzungserscheinungen der mit Teflon überzogenen Kondensationseinheit. In der Folge wurden unerwünschte Metallbeimischungen im EBC beobachtet, die die Messung verschiedenster Mediatoren beeinflussen kann. Dieses Ergebnis wurde zum Anlass genommen, im IPA verschiedene kommerziell vertriebene Geräte bezüglich ihrer Eignung zur Bestimmung von arbeitsmedizinisch relevanten Expositions- und Effektmarkern als auch in ihrer Praktikabilität bei Feldstudien zu überprüfen. In besonderer Weise geeignet war das Gerät Turbo-DECCS®, das aus einer Kühleinheit und einer Sammeleinheit besteht. Die Sammeleinheit ist nur für den einmaligen Einsatz bestimmt, dadurch wird insbesondere auch hygienischen Aspekten Rechnung getragen und aufwendige Reinigungen entfallen.

b.) Bestimmung von Stickstoffmonoxid

Die Bestimmung des Stickstoffmonoxids in der Ausatemluft (FeNO) ist gut etabliert und die Messung basiert auf den Standards der Richtlinien der American Thoracic Society (ATS) für Messungen von FeNO [8]. Ferner stehen mobile, leicht transportable Geräte zur Verfügung (NioxMino®), so dass unter anderem arbeitsplatzbezogene Beschwerden durch selbständige Messungen der Beschäftigten mit der bronchialen Inflammation in Beziehung gesetzt werden können. Aktuell laufen Untersuchungen am IPA mit dem Ziel, den Stickstoffmonoxid Gehalt auch aus den oberen Atemwegen zu bestimmen (nasales NO, nNO). Gerade die Nase besitzt besondere Relevanz bei der Abklärung gesundheitlicher Risiken. Beim Umgang mit gasförmigen Reizstoffen kommt es hier zum ersten Kontakt mit dem Stoff und zu lokalen Effekten. Hierbei ist es wichtig subjektive Wirkungen mit objektiven Methoden zu validieren. Auch bei Studien zu allergologischen Fragestellungen können die nNO Messung die Biomarkerbestimmungen in der NALF sinnvoll ergänzen.

**Fazit**

Für die Diagnose von Atemwegs- und Lungenerkrankungen ebenso wie für Untersuchungen von expositionsbedingten Veränderungen am Respirationstrakt erweist sich der Einsatz unterschiedlicher nicht-invasiver Methoden und die Analyse des gewonnenen biologischen Materials als sehr hilfreich. Am IPA werden diese Methoden entwickelt, validiert und in der Diagnostik sowie in Feldversuchen eingesetzt. So können pathophysiologische Mechanismen der oberen und unteren Atemwege im Detail erfasst werden.

**Die Autoren**  
**Dr. Frank Hoffmeyer, Prof. Dr. Monika Raulf**  
 IPA

**Literatur**

1. Hoffmeyer F, Raulf-Heimsoth M, Brüning T. Exhaled breath condensate and airway inflammation. *Curr Opin Allergy Clin Immunol* 2009; 9: 16-22
2. Quirce S, Lemière C, de Blay F, del Pozo V, Gerth Van Wijk R, Maestrelli P, Pauli G, Pignatti P, Raulf-Heimsoth M, Sastre J, Storaas T, Moscato G. Noninvasive methods for assessment of airway inflammation in occupational settings. *Allergy* 2010; 65: 445-458
3. Raulf-Heimsoth M, Liebig R, Marczynski B, Borowitzki G, Bernard S, Freundt S, Heinze E, Brüning T, Merget R. Implementation of Non-Invasive Methods in the Diagnosis of Diisocyanate-induced Asthma. *Adv Exp Med Biol* 2013; 788: 293-300
4. Raulf-Heimsoth M, Pesch B, Kendzia B, Spickenheuer A, Brammer R, Marczynski B, Merget R, Brüning T. Irritative effects of vapours and aerosols of bitumen on the airways assessed by non-invasive methods. *Arch Toxicol* 2011; 85: S41-S52
5. Hoffmeyer F, Raulf-Heimsoth M, Lehnert M, Kendzia B, Bernard S, Berresheim H, Düser M, Henry J, Weiss T, Koch HM, Pesch B, Brüning T; Weldox Study Group. Impact of different welding techniques on biological effect markers in exhaled breath condensate of 58 mild steel welders. *J Toxicol Environ Health A* 2012; 75: 525-532
6. Hoffmeyer F, van Kampen V, Deckert A, Neumann HD, Buxtrup M, Willer E, Felten C, Brüning T, Raulf M, Bünger J. Evaluation of Airway Inflammation in Compost Workers Exposed to Bioaerosols Using Exhaled Breath Condensate and Fractional Exhaled Nitric Oxide. *Adv Exp Med Biol* 2015; 858: 57-67
7. Raulf M, Hoffmeyer F, van Kampen V, Deckert A, Brüning T, Bünger J. Cellular and soluble inflammatory markers in induced sputum of composting plant workers. *Adv Exp Med Biol* 2015; 858: 19-29
8. American Thoracic Society; European Respiratory Society. ATS/ERS recommendations for standardized procedures for the online and offline measurement of exhaled lower respiratory nitric oxide and nasal nitric oxide. *Am J Respir Crit Care Med* 2005; 171: 912-30

[Beitrag als PDF](#)





Monika Zaghow

Anlässlich ihres 50. Jährigen Bestehens feierte die Ruhr-Universität Bochum (RUB) gemeinsam mit Bochumer Bürgerinnen und Bürgern. Dazu wurde die Uni-Straße auf der sonst täglich die Menschen zur Vorlesung oder zu ihrer Arbeit fahren auf einer Länge von fünf Kilometern am 06.06.2015 komplett für den Verkehr gesperrt und mit mehr als 1200 Bierzeltgarnituren bestückt, die den Fakultäten der RUB, Privatpersonen, Parteien, Vereinen und Initiativen zur Verfügung standen.

Bei herrlichem Sonnenschein kamen mehr als 100.000 Menschen zur BlauPause. Es war genau diese bunte Mischung, die die Besucherinnen und Besucher so begeisterte, an dem einen Stand konnte man die Silhouette der RUB in Beton gießen, an dem anderen einfach mitsingen oder mittanzen. Auch etliche Privatpersonen hatten einen Tisch gemietet, um sich einfach nur mit ihren Freunden und Bekannten zu treffen.

Das Institut für Prävention und Arbeitsmedizin der DGUV (IPA) beteiligte sich ebenfalls an der BlauPause. Am Stand des IPA konnten Interessierte sich über die Arbeit des Instituts informieren, ihr Wissen rund um einen gesunden Rücken erweitern oder ihr Riechvermögen testen lassen.

In der Feierstunde im AudiMax lobte Bundespräsident Gauck die RUB als Motor des Wandels im Ruhrgebiet. NRW-Ministerpräsidentin Hannelore Kraft betonte in ihrer Ansprache, dass der Bau der Uni ein „soziales Versprechen“ gewesen ist, das bis heute Bestand hat.

Hintergrund: Vor rund 50 Jahren war die Ruhr-Universität Bochum (RUB) die erste Universitätsneugründung in der Geschichte der Bundesrepublik Deutschland. Heute studieren hier 42.718 Menschen und die RUB gehört zu den fünf größten Universitäten Deutschlands. Die RUB ist heute der

größte Ausbildungsbetrieb und mit 5600 Beschäftigten der größte Arbeitgeber der Stadt Bochum.

#### Geschichte des IPA

Noch älter als die Ruhr-Universität Bochum ist das IPA, dessen Wurzeln bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts zurückreichen und eng mit der Geschichte des Bergbaus verbunden sind. In Bochum hatte auch die 1885 gegründete Bergbau-Berufsgenossenschaft (heute Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (BGRCI)) den Sitz ihrer Hauptverwaltung. Neben der Versicherung der Beschäftigten gegen Arbeitsunfälle widmeten sich die Berufsgenossenschaften von Anfang an auch der Prävention von Berufskrankheiten. Mit der zunehmenden Mechanisierung im Bergbau trat bei Bergleuten vermehrt die sogenannte Steinstaublung oder Silikose auf. Um Maßnahmen zur Prävention der Silikose entwickeln zu können, wurde 1929 die „Hauptstelle für den Bohrstaubschutz“ in Bochum gegründet. Nach dem 2. Weltkrieg entstand daraus das Silikoseforschungsinstitut (SFI) mit einer eigenen medizinischen Abteilung deren langjähriger Leiter Prof. Dr. Dr. W. Ulmer war. Nachdem - auch dank der Forschung des SFI - die Diagnostik und Therapie der Silikose wesentlich verbessert werden konnte und schließlich auch die Zahl der an einer Silikose erkrankten Bergleute deutlich sank, wurde 1989 wurde mit dem BGFA damals noch unter dem Namen „Be-

rufsgenossenschaftliches Forschungsinstitut für Arbeitsmedizin“, das Aufgaben- und Forschungsspektrum deutlich erweitert.

Im Jahr 2001 wurde Prof. Thomas Brüning Direktor des BGFA. Mit ihm begann die Neuausrichtung des Hauses, die unter anderem in der Etablierung der fünf Kompetenz-Zentren sowie der Erweiterung der bereits bestehenden Forschungsschwerpunkte um Krebsfrüherkennung, Biomonitoring sowie molekulare Epidemiologie.

Nachdem das BGFA bereits seit dem Jahr 1989 ein sogenanntes An-Institut der Ruhr-Universität war, wurde im Jahr 2002 das BGFA ein Universitätsinstitut der RUB und für die medizinisch-akademische Forschung und Lehre im Fach Arbeitsmedizin zuständig

Im Rahmen der Umstrukturierung der Unfallkassen und Berufsgenossenschaften erweiterte sich zum einen der Kreis der Versicherer für den das Institut Forschung betreibt und zum anderen das Spektrum der an das Institut herangetragenen Fragestellungen. Vor diesem Hintergrund wurde das BGFA am 20.11.2009 in Institut für Prävention und Arbeitsmedizin kurz IPA umbenannt.

Beitrag als PDF



Die Autorin  
Dr. Monika Zaghow, IPA

# Luftbefeuchteranlagen - Schnelltest zur Ermittlung der mikrobiellen Belastung

## Bestimmung von Adenosintriphosphat (ATP) in Proben aus Luftbefeuchtungsanlagen

Verena Liebers, Monika Raulf

An vielen Arbeitsplätzen existieren Raumluftechnische Anlagen, um ein konstantes Raumklima zu gewährleisten. Luftbefeuchtung ist dabei für viele industrielle Prozesse vorteilhaft, birgt allerdings auch das Risiko, dass sich mikrobiell belastete Bioaerosole bilden. Diese können zu Atemwegserkrankungen bei den Beschäftigten führen. Mikrobielle Verunreinigungen müssen deshalb zeitnah erkannt und beseitigt werden. Zu diesem Zweck wurde auf Initiative der Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro und Medienerzeugnisse (BGEM) ein Schnelltest zur Untersuchung von Befeuchterwasser auf Basis der ATP-Messung im IPA evaluiert. Die bereits international veröffentlichten Ergebnisse werden hier zusammengefasst [1].

Luftbefeuchtung ist eine wichtige Maßnahme für verschiedene industrielle Prozesse zum Beispiel in der Druck- und Textilindustrie, teilweise auch zur Verbesserung der Raumluft allgemein. Allerdings bietet Wasser, vor allem stehendes Wasser bei Raumtemperatur, ein gutes Mikroklima für das Wachstum von Bakterien und Pilze, das nur durch entsprechende Reinigungsmaßnahmen eingedämmt werden kann. Durch die Bildung von Bioaerosolen können sich die Keime im Raum verteilen, über die Atemwege aufgenommen werden und unter anderem zu Atemwegssymptomen wie Husten, Atemnot und/oder auch Fieber führen. Eine fortlaufende Kontrolle und frühzeitige Beseitigung von verstärktem mikrobiellem Wachstum in den Befeuchteranlagen ist deshalb unabdingbar.

### VDI 6022 „Raumluftechnik, Raumlufqualität“

In der VDI 6022 „Raumluftechnik, Raumlufqualität“ wird zur Prüfung der Wasserqualität die Keimzahlbestimmung mittels Kultivierungsmethode empfohlen [3]: Dabei wird die jeweilige Probe auf

Nährböden und bei Temperaturen von 22 °C und 36 °C inkubiert und anschließend die Kolonien der keimfähigen Mikroorganismen gezählt, die auf den Nährböden anwachsen. Diese Methode ist auch das Standardverfahren zur Überprüfung der Trinkwasserqualität. Die sachgemäße Ausführung erfordert eine entsprechende Laborausstattung, die Inkubationszeiten betragen zwei bis drei Tage. Aus diesem Laborverfahren wurde bereits ein verkürztes Verfahren der Keimzahlbestimmung, die sogenannten „Dip Slides“ entwickelt. Dabei handelt es sich um eine semiquantitative Bestimmung keimfähiger Organismen in einem mit Nährboden vorbeschichteten Röhrchen, das zumeist nur bei einer Temperatur für mindestens 24 Stunden bebrütet wird. Dennoch bleibt auch mit dieser verkürzten Methode ein Zeitfenster zwischen Messung und Aussage über die Keimbelastung. Je nach Nährboden und Inkubationszeit, werden nur bestimmte Organismen in diesem Test sichtbar, nicht keimfähiges mikrobielles Material entzieht sich dem Nachweis. Dabei ist bekannt, dass gesundheitliche Gefahren nicht nur

von vermehrungsfähigen Mikroben ausgehen. Zum Beispiel kann das Einatmen von Zellwandbestandteile Gram-negativer Bakterien (Endotoxin) zu Atemwegserkrankungen führen.

### Schnelltest für die Bestimmung der Keimbelastung

Auf Initiative der BGETEM wurde deshalb im IPA die Evaluation eines Schnelltests durchgeführt, der einen anderen Parameter als die keimfähigen Organismen abgreift. Da Adenosintriphosphat (ATP) in den Zellen lebender Organismen die wichtigste Speicherform chemischer Energie darstellt, ist dessen Nachweis ein erfolgversprechendes Verfahren. Weitere Kriterien für die Auswahl des Tests waren außerdem Schnelligkeit und der mögliche Einsatz im Betrieb ohne Laborausstattung [1,2].

### Testprinzip

Das Prinzip der Biolumineszenz findet sich in der Natur auch beim Glühwürmchen, chemische Energie wird in Lichtenergie umgesetzt. Im verwendeten Test kann die freigesetzte Energie mit Hilfe einer enzymatischen Reaktion in Form von Licht sichtbar gemacht werden. Dabei setzt das Enzym Luciferase das Substrat D-Luciferin unter Verbrauch von Sauerstoff um. Für diesen Vorgang wird ATP benötigt, das zu AMP (Adenosinmonophosphat) umgewandelt wird. Das ausgestrahlte Licht kann mittels Luminometer gemessen werden, das Ergebnis wird in RLU (= relative light units) angegeben. Die Lichteinheiten sind direkt proportional zum intra- und extrazellulären ATP und liefern entsprechend eine Aussage über den Anteil lebenden Materials in einer Probe. Messgeräte für diese Reaktion gibt es von verschiedenen Firmen, in der IPA-Studie kam das HY-LiTE 2-Verfahren von Merck zum Einsatz.

Ursprünglich wurde die ATP-Messung vor allem im Lebensmittelbereich verwendet. Dort geht es darum, bereits minimale Verunreinigungen zu erkennen. Auf Tischen und anderen Bereichen der Lebensmittelindustrie werden Wischproben angefertigt, die mittels HY-LiTE analysiert werden. Im Hinblick auf Befeuchterwasser stehen andere Anforderungen an die Messtechnik im Vordergrund. ATP wird hier in wässrigen Materialien bestimmt, zudem ist eine absolute Keimfreiheit für Befeuchterwasser nicht notwendig. Ein gewisser mikrobieller Gehalt in Befeuchterwasser ist durchaus zu tolerieren. Bisher gibt es keine gesundheitsbasierten Erkenntnisse, welcher mikrobielle Gehalt im Wasser notwendig ist, um Krankheiten auszulösen. Generell gilt aus präventiven Gründen das Minimierungsgebot. In der VDI 6022 wurden anhand der Keimzahlbestimmung 1000 KBE/ml als Grenze definiert, die eine Reinigung des Wassers implementiert. 100 KBE/ml (Trinkwasserqualität) gelten als adäquat für das Wasser, das zur Befüllung Raumluftechnischer Anlagen verwendet wird.

Die Ergebnisse der Keimzahlbestimmung können allerdings nicht als 'Goldstandard' angesehen werden, da diese Methode neben dem hohen Zeitaufwand verschiedene Fallstricke enthält.

Das Ziel der Untersuchungen im IPA bestand deshalb zunächst darin, die Anwendung der Biolumineszenzmessung im Hinblick auf



Abb. 1: Der Messstift wird direkt in das zu untersuchende Wasser getaucht und das Messergebnis liegt innerhalb von fünf Minuten vor.

zwei Fragestellungen zu prüfen: Einerseits sollte die Aussagekraft der Ergebnisse durch den Vergleich mit anderen Tests untersucht werden; andererseits galt es, die Tauglichkeit des Schnelltests in der Praxis zu überprüfen.

In dem Projekt wurden 186 wässrige Proben aus Befeuchteranlagen und anderen Quellen daher zusätzlich zur ATP-Messung unter anderem mit folgenden Verfahren charakterisiert:

1. Mit Hilfe des LAL-Tests (Limulus-Amöbocyten-Lysat-Test) wurde die Endotoxinaktivität erfasst.
2. Durch Stimulation von kryokonserviertem Vollblut mit dem Probenmaterial und nachfolgender Messung des freigesetzten Zytokins IL-1 $\beta$  wurde die pyrogene Aktivität ermittelt.
3. Anhand der Kultivierung auf Hefeagar bei 22 und 36 °C wurden die koloniebildenden Einheiten (KBE) der Proben bestimmt.

Die Korrelation der Ergebnisse aus den drei genannten Tests war signifikant und lag zwischen  $r_s = 0,5$  und  $r_s = 0,79$ . Dies ist ein Hinweis, dass die ATP-Messung ein relevanter Parameter ist, um die mikrobielle Belastung von wässrigen Proben abzubilden.

### Einsatz in der Praxis

Für den Praxistest der Biolumineszenzmessung waren verschiedene Fragestellungen elementar. Einerseits musste die Methode vor Ort und mit geringem Zeitaufwand durchführbar sein, andererseits galt es, die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse zu prüfen.

Wichtig ist in diesem Zusammenhang, dass es für die Messung mit HY-LiTE 2 nicht notwendig ist, die Proben zu verdünnen oder anderweitig aufzuarbeiten. Der Messstift wird direkt in das zu untersuchende Wasser getaucht (Abb.1). Das Messergebnis liegt innerhalb von fünf Minuten vor.

Anhand von 67 Wasserproben, die doppelt untersucht wurden (im Betrieb vor Ort und im Labor), ließ sich bestätigen, dass auch die Resultate, die direkt im Betrieb erhoben wurden, vertrauenswürdig sind.

Da die mikrobiellen Bestandteile nicht unbedingt homogen in den Wasserproben verteilt sind, hängt die Reproduzierbarkeit der ATP-Ergebnisse allerdings auch von der Art des Probenmaterials ab. In der vorliegenden Studie wurde eine signifikante Korrelation von  $r_s = 0,93$  zwischen zwei unabhängigen Proben aus einem Wasserbecken gefunden. Dennoch kann es im Einzelfall zu Abweichungen zwischen zwei Messergebnissen kommen. Ähnlich wie es unter anderem auch für die Keimzahlbestimmung üblich ist, ist es deshalb empfehlenswert, nur den Mittelwert von drei Messungen für die Beurteilung einer Probe einzusetzen. Die Reproduzierbarkeit von Messwerten aus biologischen Proben ist nur bedingt gegeben, da das biologische Material selbst nicht homogen verteilt ist. Ein Mittelwert aus mehreren Messungen wird die reale Situation am besten widerspiegeln.

### Bewertung der Testergebnisse

Der Einsatz der ATP-Messung zur Analyse von Befeuchterwasserproben wirft allerdings auch die Frage nach einem Bewertungsschema auf. Da es keine gesundheitsbasierten Grenzwerte gibt, ist eine Regelung [1] anhand der technischen Möglichkeiten und im Vergleich mit anderen Testergebnissen sinnvoll. Der Messbereich des HY-LiTE beträgt laut Hersteller 0-99000 RLU. Im Verlauf der Untersuchungen ließ sich als Hintergrundwert für nicht kontaminierte Proben von 50 RLU festlegen. Der Wert „Null“ konnte auch in Reinstwasser nicht dokumentiert werden. Zur weiteren Beurteilung der Proben sind RLU-Bereiche heranzuziehen, analog zur bisherigen Praxis aufgrund der Keimzahlbestimmung. Eine sinnvolle Einteilung wäre etwa das Aufstellen von drei Biolumineszenz-Kategorien:

- bis 1500 RLU (Kategorie 1, akzeptierter mikrobiologischer Hintergrund),
- 1500-15000 RLU (Kategorie 2; Reinigung empfohlen) und
- >15000 RLU (Kategorie 3; Reinigung erforderlich).

Im Übrigen kann der Verlauf der Messergebnisse im Rahmen von Hygienekontrollen, unabhängig von konkreten Kategorien zur Einschätzung des mikrobiellen Eintrags verwendet werden: Sollte sich über mehrere Wochen ein Anstieg der Messwerte dokumentieren lassen, könnten bereits frühzeitig Gegenmaßnahmen gegen den mikrobiellen Bewuchs getroffen werden.

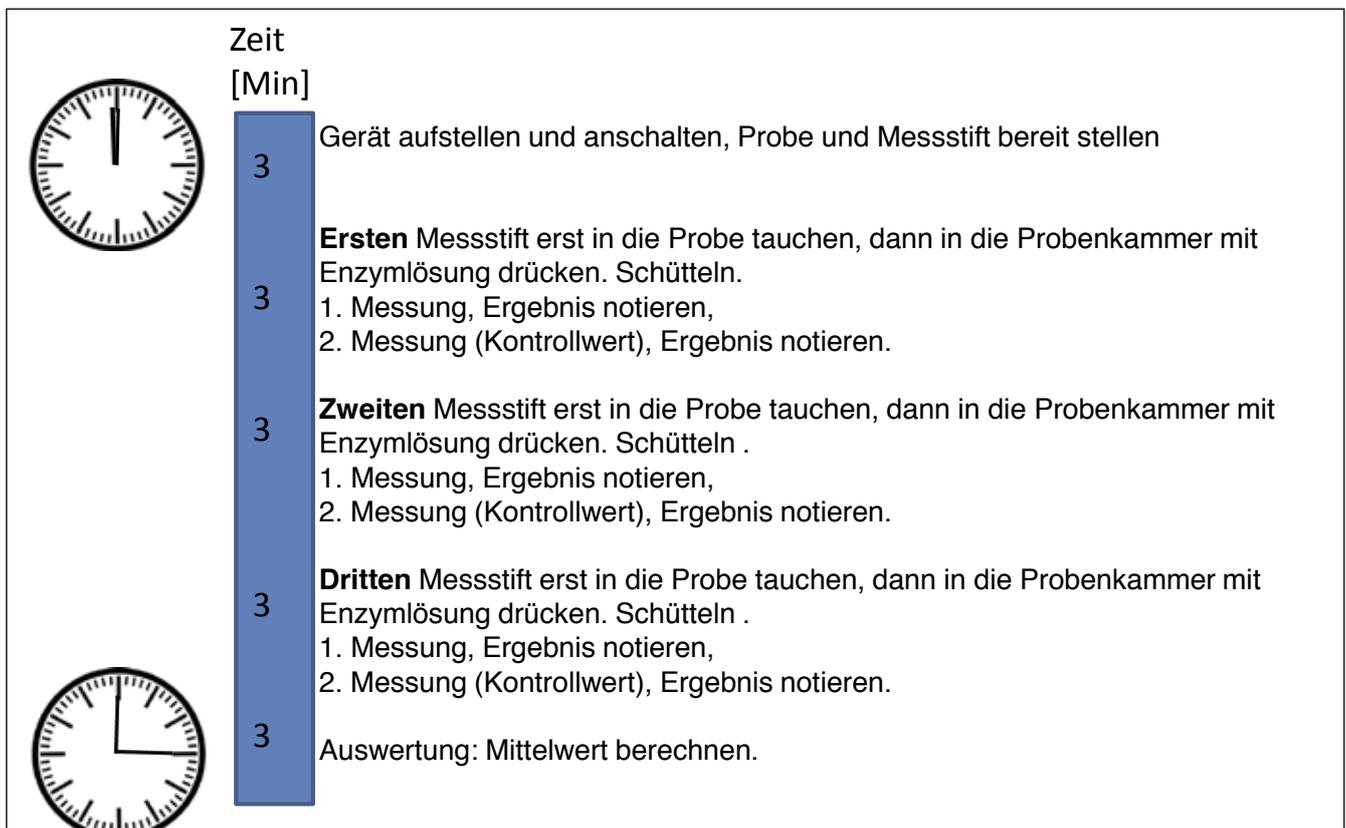


Abb. 2: Ablauf einer ATP-Messung mit der im IPA evaluierten Messmethode.

### Fazit

Mit den Untersuchungen im IPA konnte gezeigt werden, dass die ATP-Messung mittels Biolumineszenz ein schnelles und robustes Verfahren ist, das einen summarischen Überblick über die mikrobielle Belastung des Wassers in Raumluftechnische Anlagen erlaubt. Damit liefert der Test eine unkomplizierte Möglichkeit, Risiken zu erkennen, zu bewerten und gegebenenfalls weitere Maßnahmen zu ergreifen. Es ist vorgesehen, die Ergebnisse dieses Projekts im B2-Seminar Biologische Arbeitsstoffe vorzustellen und den Praxiseinsatz des Tests dort und in weiteren Arbeitskreisen der DGUV zu diskutieren

Die Autorinnen  
**Dr. Verena Liebers, Prof. Dr. Monika Raulf**  
 IPA

Beitrag als PDF



### Literatur

1. Liebers V, Bachmann D, Franke G, Freundt S, Stubel H, Düser M., Kendzia B, Böckler M, Brüning T, Raulf M: Determination of ATP-activity as a useful tool for monitoring microbial load in aqueous humidifier samples. Int. J. Hyg. Environ. Health 2015; 218: 246-53
2. Liebers V, Bachmann D, Causemann S, Franke G, Freundt S, Stubel H, Düser M, Kendzia B, Sander I, Brüning T, Böckler M, Raulf M: ATP als Marker für die mikrobielle Verunreinigung von Luftbefeuchtungsanlagen. Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft, in press
3. VDI 6022: Raumluftechnik, Raumlufqualität – Hygieneanforderungen an Raumluftechnische Anlagen und Geräte (Ventilation and indoor-air quality – Hygiene requirements for ventilation and air-conditioning systems and units (VDI Ventilation Code of practice) Issue German/English Beuth-Verlag GmbH, Berlin, Blatt 1, 2011

Für die Zusammenarbeit bedanken wir uns insbesondere bei folgenden Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der BG ETEM: Dieter Bachmann, Margret Böckler, Dr. Susanne Causemann, Gabriele Franke

# Gesundheitsrisiken bei der Abfallsammlung und in Kompostierungsanlagen

Ergebnisse der Langzeitbeobachtungen – Erkenntnisse für die Praxis



Jürgen Bünger, Frank Hoffmeyer, Anja Deckert, Monika Raulf, Vera van Kampen

Beschäftigte in der Abfallwirtschaft sind gegenüber sogenannten Bioaerosolen exponiert. In der Vergangenheit wurden bei Messungen im Bereich der Abfallsammlung und in Kompostierungsanlagen teils hohe Belastungen der Luft durch Bakterien und Schimmelpilze nachgewiesen. Die Untersuchung der Beschäftigten zeigte Gesundheitsrisiken vor allem durch Reizungen der Atemwege und allergische Erkrankungen. Die Studien in diesen Betrieben wurden bereits vor über 15 Jahren begonnen, so dass für einen großen Teil der Beschäftigten – aber auch der ausgeschiedenen Mitarbeiter – Langzeitbeobachtungen vorliegen.

Die Entsorgung der in den 1970er und 1980er Jahren stark angewachsenen Mengen kommunaler und industrieller Abfälle war durch Deponierung allein nicht mehr realisierbar und aufgrund des hohen Anteils an wiederverwertbaren Stoffen auch nicht sinnvoll. Durch das Kreislaufwirtschaftsgesetz von 1994 wurden tiefgreifende Veränderungen in der Entsorgungsstruktur eingeleitet. Neben Deponien und Verbrennungsanlagen entstanden neue Betriebe wie Sortier- und Recyclingbetriebe sowie Kompostwerke.

Je nach Abfallart sind die Materialien schon bei der Sammlung beziehungsweise Anlieferung zur Wiederverwertung mit großen Mengen von Mikroorganismen belastet (Stalder und Bünger 1996). Während die „normale“ Konzentration von Mikroorganismen in der Umgebungsluft weniger als 1.000 koloniebildende Einheiten (KBE)/m<sup>3</sup> beträgt, werden in Anlagen der Abfallwirtschaft bis zu mehrere Millionen KBE/m<sup>3</sup> Luft gefunden (siehe Tabelle 1). Dabei finden sich die höchsten Expositionen durch diese Bioaerosole (siehe Infokasten) in Kompostierungsanlagen (van Kampen et al. 2014).

Die Exposition der Beschäftigten durch diese Bioaerosole kann zu gesundheitlichen Beschwerden - insbesondere der Schleimhäute und der Atemwege - führen. In zwei Langzeitstudien wurden Exposition und Gesundheitsrisiken bei der Abfallsammlung und in Kompostierungsanlagen in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), der Berufsgenossenschaft Transport und Verkehrswirtschaft (BG Verkehr) und der Unfallkasse Nordrhein-Westfalen (UK NRW) untersucht und aus den Ergebnissen Schutzmaßnahmen abgeleitet.

## Studiendesign

Für zwei prospektive Kohortenstudien wurden 218 Kompostierer (1996/1997, 42 Betriebe) und 220 Müllwerker (1998, 11 Betriebe) rekrutiert und über einen Zeitraum von 12 bis 14 Jahren auch nach ihrem Ausscheiden nachverfolgt (Bünger et al. 2000, Neumann et al. 2001, Bünger et al. 2007, van Kampen et al. 2012, Schantora et al. 2015). In Tabelle 2 sind Anzahl und Zeiträume der Untersuchungsdurchgänge (Surveys) sowie Teilnehmerzah-

len und -charakteristika zusammengefasst. Die Beschwerden und Erkrankungen der Beschäftigten wurden mittels Fragebogen, körperlicher Untersuchung und Lungenfunktionsprüfung untersucht. Im Blut wurden Parameter der spezifischen Immunität (IgE- und IgG-Antikörper) gegen Schimmelpilze und Aktinomyzeten sowie weitere Umweltallergene bestimmt. In Nasenspülflüssigkeit und induziertem Sputum wurden zelluläre Bestandteile und lösliche Botenstoffe der Entzündung (Inflammation) der oberen und unteren Atemwege gemessen.

Parallel zu den Untersuchungen der Beschäftigten wurde die Bioaerosolexposition in den Betrieben analysiert. Bei der klassischen, kultivierungsabhängigen Methode wird in den Luftstaubproben die Anzahl der lebenden Mikroorganismen nach Kultivierung (in KBE/m<sup>3</sup>) bestimmt. Dadurch, dass ausschließlich lebende und vermehrungsfähige Organismen erfasst werden und dass zusätzliche Störgrößen wie Sammelstress während der Probenahme sowie selektive Kultivierungsbedingungen wie Nährmedium, Temperatur etc. einen Einfluss haben, kommt es mit der kultivierungsabhängigen Methode meist zu einer Unterschätzung der tatsächlichen Belastungshöhe. Aus diesem Grunde wurden die Luftbelastungen in Kompostierungsanlagen parallel auch mit verschiedenen kultivierungsunabhängigen Methoden bestimmt (Tabelle 3).

### Hohe Expositionen durch Mikroorganismen

Bei den ersten Surveys in den 1990er Jahren betrug die Exposition in Kompostierungsanlagen durch Schimmelpilze und Bakterien häufig über 10<sup>6</sup> KBE/m<sup>3</sup>, in der Abfallsammlung lag sie ein bis zwei Größenordnungen niedriger. Im Gegensatz zum Gefahrstoffbereich gibt es für Biostoffe bislang keine Grenzwerte. In der Vergangenheit wurde nur für Sortierkabinen und Fahrzeugkabinen - dort halten sich die Mitarbeiter von Kompostwerken besonders lange auf - ein technischer Kontrollwert (TKW) von 50.000 KBE/m<sup>3</sup> für mesophile Schimmelpilze abgeleitet. Dieser wurde in den untersuchten Radladerkabinen und ebenfalls in den Sortierkabinen in vielen Fällen überschritten. Daher wurden nach dem ersten Survey erweiterte Präventionsmaßnahmen vorgeschlagen.

Die Nachmessungen in den Kompostierungsanlagen bei dem letzten Survey im Jahr 2009 ergaben vor allem an diesen zwei wichtigen

Exposition Arbeitsplatz	Bakterien (in KBE/m <sup>3</sup> )	Schimmelpilze (in KBE/m <sup>3</sup> )
Kompostierung	10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>
Sortierkabinen	10 <sup>5</sup>	10 <sup>7</sup>
Deponien	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>
Abfallsammlung	10 <sup>5</sup>	10 <sup>6</sup>
Umweltbelastung	<10 <sup>2</sup>	<10 <sup>3</sup>

Tabelle 1: Größenordnungen der Exposition an verschiedenen Arbeitsplätzen der Abfallwirtschaft im Vergleich zur Umweltbelastung.

### Bioaerosole

Bioaerosole (organische Stäube, biologische Arbeitsstoffe) in der Abfallwirtschaft bestehen aus Mikroorganismen, vor allem Bakterien, Schimmelpilzen und - seltener - Viren, sowie deren Zellbestandteilen und Stoffwechselprodukten, die in einigen Fällen eine Infektion, häufiger aber eine allergene oder irritativ-toxische Wirkung auslösen können. Im englischen Sprachraum wird auch von „organic dust“ gesprochen. Art und Zahl der lebenden Mikroorganismen werden üblicherweise nach Anzucht auf Nährböden (Kultivierung) als koloniebildende Einheiten (in KBE/m<sup>3</sup>) bestimmt. Zum Schutz vor Gesundheitsrisiken durch diese „biologischen Arbeitsstoffe“ wurde die Biostoffverordnung (BioStoffV) erlassen. Dort und insbesondere in den Technischen Regeln für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA) 213 (Abfallsammlung) und 214 (Abfallbehandlung) sind Maßnahmen beschrieben, die vor Infektionen und den sensibilisierenden bzw. toxischen Wirkungen der Biostoffe schützen. Anlässe zur arbeitsmedizinischen Vorsorge finden sich in der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) im Anhang Teil 2.

Arbeitsplätzen deutliche Verbesserungen. Der TKW wurde in den untersuchten Radladerkabinen fast immer eingehalten, weil die Radlader mit wenigen Ausnahmen mit Schutzbelüftungen nachgerüstet wurden. Im Sortierbereich wurde der TKW nur noch in zwei Fällen überschritten, da die manuelle Sortierung von Abfällen überwiegend durch maschinelle Sortierverfahren ersetzt wurde. Dort wo noch von Hand sortiert wurde, wurden die Lüftungsanlagen weiter verbessert. In der Abfallsammlung zeigten sich beim letzten Survey im Jahr 2012 dagegen keine wesentlichen Änderungen der Bioaerosolexposition für die Beschäftigten, da Verfahren und Fahrzeugtechnik im Wesentlichen unverändert geblieben waren (Neumann et al. 2014).

Die Messung von KBE/m<sup>3</sup> ist bei Tätigkeiten in der Abfallwirtschaft nach wie vor die gängige Methode, aber wie bereits eingangs erwähnt mit zahlreichen Unzulänglichkeiten behaftet. Daher wurden in der Kompostierstudie des IPA in Zusammenarbeit mit der BAuA andere kultivierungsunabhängige Methoden erprobt. Die Verfahren hierzu wurden im Vorfeld vom IPA teilweise neu entwickelt, wie beispielsweise die Quantifizierungsmethoden verschiedener Schimmelpilz-Antigene mittels Immunoassays. Korrelierend mit der KBE-Bestimmung war die mikrobielle Belastung in Kompostierungsanlagen mit verschiedenen kultivierungsunabhängigen Methoden darstellbar (Tabelle 3). Da die nicht kultivierungsabhängigen Methoden verschiedene Vorteile haben (Wegfall langer Kultivierungszeiten, Erfassung nicht-kultivierbarer Organismen und deren Bruchstücke, leichtere Speziesdifferenzierung), sollten sie weiter als Expositionsmarker evaluiert werden.



Abb. 1: Luftstaubsammlung in der Fahrerkabine eines Radladers. Die drei Probenahmeköpfe, die über jeweils einen Schlauch mit den entsprechenden Probenahmepumpen verbunden sind, wurden in der Atemhöhe des Fahrers positioniert.

**Beschwerden, Befunde, Lungenfunktion, Biomarker**

Etwa ein Drittel sowohl der Kompostierer als auch der Müllwerker gaben in den Surveys Irritationen an Augen und oberen Atemwegen im Sinne eines MMIS (Mucous Membrane Irritation Syndrome) an. Diese Beschwerden wurden auch durch die Befunde der klinischen Untersuchungen bestätigt (van Kampen et al. 2012, Hoffmeyer et al. 2014, Schantora et al. 2015). In der Mehrzahl der Fälle sind diese Befunde nach Ende der Exposition rückläufig, wie die Befragungen und Untersuchungen der aus dem Betrieb ausgeschiedenen Mitarbeiter zeigten (van Kampen et al. 2012).

Ähnlich häufig wurden Hustenbeschwerden angegeben. Dies weist darauf hin, dass auch die tiefen Atemwege betroffen sind, da die Partikel bis in die Bronchien und Lungenbläschen (Alveolen) inhaled werden. Der Husten ist bei einem Teil der - vor allem langjährig Beschäftigten - nach Expositionsende nicht rückläufig, sondern bleibt im Sinne einer chronischen Bronchitis (CB) bestehen. Bei einzelnen Studienteilnehmern wurde eine chronisch obstruktive Bronchitis (COPD) mit Einschränkung der Lungenfunktion diagnostiziert. Auf Gruppenbasis war die Lungenfunktion aber nicht signifikant verschlechtert (van Kampen et al. 2012, Hoffmeyer et al. 2014).

Auffällig ist, dass die Häufigkeit und Stärke der Gesundheitsbeschwerden sich zwischen beiden Kohorten nicht wesentlich unterschied, obwohl die Kompostierer im Durchschnitt deutlich höher exponiert waren als die Müllwerker. Dieser Effekt ist eventuell auf das höhere Alter und die längeren Beschäftigungszeiten der Müllwerker zurückzuführen. Möglich ist aber auch ein „Healthy-worker-effect“, da beim Survey im Jahr 2001 von 84 ausgeschiedenen Kompostierern zwölf angaben, wegen bioaerosolbedingter Gesundheitsbeschwerden die Tätigkeit beendet zu haben (Bünger et al. 2002).

	Kompostierer			Müllwerker	
Jahr	1996/7	2001	2009	1998	2012
Zahl der Betriebe	42	41	36	11	7
Probanden (n)	218	195	190	220	71
Davon auch 1. Survey (n)	-	123	76	-	43
Alter (MW +/- STABW)	38 ± 9,8	42	45 ± 9,3	40 ± 8,1	47 ± 7,0
Beschäftigungsdauer (MW +/- STABW)	4 ± 4,8	9 ± 6,3	12 ± 7,8	11 ± 7,0	20 ± 8,3
Drop outs (n)	-	95	59	-	28
Alter (MW +/- STABW)			52 ± 10,6		59 ± 9,5
Beschäftigungsdauer (MW +/- STABW)			9,4 ± 6,5		24,3 ± 7,4
Beschäftigungsaufgabe (MW +/- STABW)			6,5 ± 3,6		5,4 ± 3,0

Tabelle 2: Zahl und Charakterisierung der Studienteilnehmer und der ausgeschiedenen Personen (Drop-outs) in den einzelnen Untersuchungsdurchgängen (Surveys) der Abfallstudien.

Im Sinne einer Entzündungsreaktion der Atemwege wurden in der Nasallavage beziehungsweise im induzierten Sputum erhöhte inflammatorische Marker wie Interleukin 8 (Neumann et al. 2001, Raulf et al. 2015) oder MMP(Matrix-Metalloprotease)-9 bestimmt (Raulf et al. 2015). Während im ersten Survey der Kompostierer erhöhte spezifische IgG-Antikörper gegen Aktinomyzeten (im Kompost vermehrt auftretende Bakterien) und Schimmelpilze gemessen wurden (Bünger et al. 2000), konnten diese Ergebnisse im weiteren Verlauf der Untersuchungen nicht bestätigt werden, so dass die IgG-Konzentrationen sich nicht als geeigneter Expositionsmarker erwiesen (van Kampen et al. 2012). Allerdings kann die Bestimmung der IgG-Antikörper im Fall des Verdachts einer exogen allergischen Alveolitis (EAA, BK 4201) ein sehr sinnvoller und wegweisender Parameter sein. Tatsächlich wurden in den letzten Jahren im IPA einige EAA-Fälle bei Beschäftigten in der Abfallwirtschaft diagnostiziert (Hagemeyer et al. 2013). Erhöhte IgE-Antikörper gegen Schimmelpilze, die auf eine Sensibilisierung beziehungsweise in Verbindung mit entsprechenden Symptomen auf eine Allergie hinweisen, wurden in beiden Studien nur selten nachgewiesen. Auch gegen übliche Umweltallergene waren die Studienteilnehmer seltener sensibilisiert als die Allgemeinbevölkerung. Dies spricht für einen sogenannten Healthy-worker-Effekt. Das bedeutet, dass Personen mit IgE-vermittelten Allergien (Heuschnupfen, allergisches Asthma) eine Beschäftigung in der Abfallwirtschaft gar nicht erst aufnehmen oder rasch wieder beenden, weil sie allergische Beschwerden erwarten oder nach kurzer Zeit bekommen.

Kultivierungsunabhängige Methode	Mesophile Schimmelpilze [KBE/m <sup>3</sup> ] (n=36)	Mesophile Aktinomyzeten [KBE/m <sup>3</sup> ] (n=20)
Einatembare Staub [mg/m <sup>3</sup> ]	0,48	0,73
<i>Aspergillus fumigatus</i> -Antigengehalt [ng/m <sup>3</sup> ]	0,67	0,77
<i>Penicillium chrysogenum</i> -Antigengehalt [ng/m <sup>3</sup> ]	0,73	0,80
<i>Cladosporium spp.</i> -Antigengehalt [ng/m <sup>3</sup> ]	0,73	0,77
<i>Aspergillus versicolor</i> -Antigengehalt [ng/m <sup>3</sup> ]	0,59	0,74
β-(1-3)-Glukan [ng/m <sup>3</sup> ]	0,56	0,49
Endotoxin-Aktivität [EU/m <sup>3</sup> ]	0,65	0,81
Pyrogene Aktivität [PU/m <sup>3</sup> ]	0,60	0,77

Tabelle 3: Korrelation der Messergebnisse verschiedener kultivierungsunabhängiger Methoden mit der kultivierungsabhängigen Quantifizierung von Schimmelpilzen und Aktinomyzeten (Bakterien) in Luftstaubproben aus Kompostierungsanlagen. Angegeben ist der Korrelationsfaktor (r). Für alle Korrelationen galt: p < 0,005 (Spearman).



Abb. 2: Manuelle Sortierung von Biomüll.

In skandinavischen Studien (Ivens et al. 1999, Sigsgaard et al. 1994) wurde über gehäufte Beschwerden der Beschäftigten in Abfallwirtschaftsbetrieben seitens des Magen-Darm-Trakts wie Übelkeit, Erbrechen oder Durchfall berichtet. Bei den Untersuchungen des IPA traten diese Beschwerden bei keinem der Studienteilnehmer aus dem Bereich der Abfallsammlung auf. Die Kompostierer klagten in einigen Fällen über den unangenehmen Geruch in den Anlagen. Häufig scheint jedoch der Geruchssinn einem Adaptationsmechanismus unterworfen zu sein. Übelkeit, Erbrechen oder Durchfall wurden nicht angegeben. Allerdings fand sich in der untersuchten Kohorte von Kompostierern eine im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant höhere Zahl von nicht geimpften Personen mit positiver Hepatitis A-Serologie (anti-HAV) sowie sechs Serokonversionen ohne Impfung im Nachbeobachtungszeitraum von fünf Jahren (Bünger et al. 2004). Da bei der Biomüllsortierung häufig fäkal kontaminierte Materialien (z. B. benutzte Windeln, siehe Foto) auftreten, kann hier die Ursache dieser Befunde liegen.

### Schutzmaßnahmen und arbeitsmedizinische Vorsorge

An besonders exponierten Arbeitsplätzen konnte die Exposition der Kompostierer durch bessere technische Lüftung beziehungsweise Wegfall der Sortierkabinen und durch Schutzbelüftungen in den Radladern reduziert werden. Hingegen sind Müllwerker weiterhin ähnlich hohen Bioaerosolexpositionen wie Ende der 90er Jahre ausgesetzt. Hier sind neue technische Lösungen zur Reduktion der Exposition notwendig.

Durch die Bioaerosole werden vermehrt Irritationen der Schleimhäute der oberen und unteren Atemwege ausgelöst, die auch zu Chronischer Bronchitis und COPD führen können. Im Rahmen der arbeitsmedizinischen Vorsorge muss vermehrt auf die akute Irritation im Sinne des MMIS geachtet werden, da diese einen Hinweis

auf spätere chronische Beschwerden im Sinne der CB oder COPD geben kann. Eine Impfung gegen Hepatitis A sollte angeboten werden. In beiden Kohorten gibt es eine hohe Quote von Personen, die ihre Tätigkeit vorzeitig aufgegeben haben, so dass die Gesundheitsrisiken eventuell unterschätzt werden.

Beitrag als PDF



Die Autoren

**Prof. Dr. Jürgen Bünger, Dr. Frank Hoffmeyer,  
Anja Deckert, Prof. Dr. Monika Raulf,  
Dr. Vera van Kampen**  
IPA

Für die langjährige Zusammenarbeit bedanken wir uns bei Herrn Dr. Schappler-Scheele (früher gewerbeärztlicher Dienst Niedersachsen), Herrn Dir. und Prof. Rüdiger Schöneich, Herrn Dr. Jäckel (beide BAuA), Herrn Dr. Felten, Herrn Willer (beide BG Verkehr) und Herrn Dr. Neumann, Herrn Buxtrup (beide UK NRW).

Förderung durch die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA).

Kompostierung: F 2063, F5058, F5184. Abfallsammlung: F1510.

## Literatur

01. Bünger J, Antlauf-Lammers M, Schulz TG, Westphal GA, Müller MM, Ruhnau P, Hallier E. Health complaints and immunological markers of exposure to bioaerosols among biowaste collectors and compost workers. *Occup Environ Med* 2000; 57: 458-464
02. Bünger J, Schappler-Scheele B, Hallier E. Gesundheitsrisiken von Beschäftigten in Kompostierungsanlagen durch organische Stäube: Drop-out-Analyse der Kohorte nach fünf Jahren Follow-up. In: Nowak D, Praml G (Hrsg.), Dokumentation der 42. Jahrestagung der DGAUM, ISSN 1861-6577, 216-219, 2002
03. Bünger J, Schappler-Scheele B, Hallier E. Auffällige Befunde in der Hepatitis-Serologie bei Kompostwerkern. In: Baumgartner E, Stork J (Hrsg.), Dokumentation der 44. Jahrestagung der DGAUM, ISSN 1861-6577, 74-77, 2004
04. Bünger J, Schappler-Scheele B, Hilgers R, Hallier E. A 5-year follow-up study on respiratory disorders and lung function in workers exposed to organic dust from composting plants. *Int Arch Occup Environ Health* 2007; 80: 306-312
05. Hagemeyer O, Bünger J, van Kampen V, Raulf-Heimsoth M, Drath C, Merget R, Brüning T, Broding HC. Occupational allergic respiratory diseases in garbage workers: relevance of molds and actinomycetes. *Adv Exp Med Biol* 2013;788: 313-320
06. Hoffmeyer F, van Kampen V, Taeger D, Deckert A, Rosenkranz N, Kaßen M, Schantora AL, Brüning T, Raulf M, Bünger J. Prevalence of and relationship between rhinoconjunctivitis and lower airway diseases in compost workers with current or former exposure to organic dust. *Ann Agric Environ Med* 2014; 21: 705-711
07. Ivens UI, Breum NO, Ebbenhøj N, Nielsen BH, Poulsen OM, Würtz H. Exposure-response relationship between gastrointestinal problems among waste collectors and bioaerosol exposure. *Scand J Work Environ Health* 1999; 25: 238-245
08. Neumann HD, Buxtrup M, Klus K. Schimmelpilzbelastungen bei der Abfallsammlung. *Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft* 2014; 74: 483-491
09. Neumann HD, Mathys W, Raulf-Heimsoth M, Becker G, Balfanz J. Gefährdung von Beschäftigten bei der Abfallsammlung und -abfuhr durch Keimexpositionen. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Forschungsbericht 920, 2001
10. Raulf M, Hoffmeyer F, van Kampen V, Deckert A, Brüning T, Bünger J. Cellular and Soluble Inflammatory Markers in Induced Sputum of Composting Plant Workers. *Adv Exp Med Biol* 2015; 858: 19-29
11. Schantora AL, Casjens S, Deckert A, van Kampen V, Neumann HD, Brüning T, Raulf M, Bünger J, Hoffmeyer F. Prevalence of work-related rhino-conjunctivitis and respiratory symptoms among domestic waste collectors. *Adv Exp Med Biol* 2015; 834: 53-61
12. Sigsgaard T, Malmros P, Nersting L, Petersen C. Respiratory disorders and atopy in Danish refuse workers. *Am J Respir Crit Care Med* 1994; 149: 1407-1412
13. Stalder K, Bünger J. Gesundheitliche Risiken durch fakultativ-pathogene Mikroorganismen bei der Abfallentsorgung: umwelt- und arbeitsmedizinische Aspekte. *Forum Städtehyg* 1996; 47: 142-146
14. van Kampen V, Deckert A, Hoffmeyer F, Taeger D, Brinkmann E, Brüning T, Raulf-Heimsoth M, Bünger J. Symptoms, spirometry, and serum antibody concentrations among compost workers exposed to organic dust. *J Toxicol Environ Health A* 2012; 75: 492-500
15. van Kampen V, Sander I, Liebers V, Deckert A, Neumann HD, Buxtrup M, Willer E, Felten C, Jäckel U, Klug K, Brüning T, Raulf M, Bünger J. Concentration of bioaerosols in composting plants using different quantification methods. *Ann Occup Hyg* 2014; 58: 693-706

# Branchenregel Abfallwirtschaft

Pilotprojekt der DGUV



Jürgen Bünger, Thomas Brüning

Beschäftigte in der Abfallwirtschaft sind zahlreichen Belastungen und Gesundheitsrisiken ausgesetzt. Das Spektrum reicht von Unfallgefahren über Lärm bis hin zu Expositionen durch Gefahr- und Biostoffe. Entsprechend viele verschiedene Rechtsvorschriften und Regeln sind in dieser Branche beim Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz zu beachten. Um der Unternehmerin und dem Unternehmer ein Kompendium an die Hand zu geben, in dem alle wesentlichen und praxisrelevanten Informationen zusammengefasst sind, wird im Sachgebiet Abfallwirtschaft der DGUV von Fachleuten eine umfassende Branchenregel erarbeitet, die auch die verschiedenen Aspekte der arbeitsmedizinischen Vorsorge umfasst.

Branchenregeln sind ein neues Präventionsinstrument der DGUV, die staatliche Vorschriften und Regeln sinnvoll ergänzen und einzelnen Branchen einen umfassenden Überblick der zu treffenden Maßnahmen zum Gesundheitsschutz an ihren Arbeitsplätzen verschafft. Grundlage ist ein Leitlinienpapier der Gemeinsamen Deutschen Arbeitsschutzstrategie. Dort heißt es zur Kernfunktion der Branchenregeln: Aufbereitung der „insbesondere in staatlichen Regeln konkretisierten Anforderungen des betrieblichen Arbeitsschutzes für die Betriebe einer bestimmten Unternehmenssparte in Form eines tätigkeits-, arbeitsplatz- oder arbeitsverfahrensbezogenen Gesamtkompendiums“.

Dazu werden insbesondere die für die Branche zutreffenden Verordnungen (Arbeitsstättenverordnung, Betriebssicherheitsverordnung, Arbeitsmedizinische Vorsorgeverordnung, Gefahrstoffverordnung, Biostoffverordnung) und zugrundeliegende Regeln des staatlichen Regelwerks für die Praxis branchenspezifisch aufbereitet und durch weitere Maßnahmen und Hinweise ergänzt. Ziel ist ein kohärentes Vorschriften- und Regelwerk mit praxisnaher Darstellung typischer branchenspezifischer Arbeitsschutzanforderungen und -lösungen im Sinne einer ganzheitlichen Betrachtungsweise. Sie soll neben dem klassischen Arbeits- und Gesundheitsschutz und der Arbeitshygiene auch Aspekte wie z. B. Gesundheitsförderung, Ergonomie und Barrierefreiheit einschließen.

Branchenregeln richten sich an einzelne Branchen im Zuständigkeitsbereich der gewerblichen Berufsgenossenschaften oder der Unfallversicherungsträger der öffentlichen Hand. Als Kompendien sind sie besonders auch für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) hilfreich. Branchenregeln richten sich in erster Linie an die Unternehmerinnen und Unternehmer als in der Regel Verantwortliche für den Arbeitsschutz. Sie bieten aber darüber hinaus ebenfalls einen besonderen Nutzen für alle betrieblichen Akteure im Arbeitsschutz. Gerade auch für Betriebsärztinnen und Betriebsärzte, die nicht immer im Detail mit jeder einzelnen, von ihnen betreuten Branche vertraut sein können, sollen die Branchenregeln einen guten Überblick über alle Anforderungen des medizinischen Arbeitsschutzes bieten und so bei der Beratung der Unternehmerinnen und Unternehmer sowie der Betreuung der Beschäftigten unterstützen.

Im Sinne von Pilotprojekten werden von den Fachbereichen der DGUV zusammen mit den zuständigen Unfallversicherungsträgern derzeit erste Branchenregeln erstellt. Eine dieser Regeln betrifft die Branche Abfallwirtschaft. Eingeflossen in die Regel sind auch Erkenntnisse aus den beiden Langzeitstudien des IPA zu Gesundheitsrisiken in der Abfallwirtschaft (► S. 26), die in den letzten 15 Jahren zusammen mit BG Verkehr, Unfallkasse NRW und der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) durchgeführt wurden. In den ersten zwei Teilen DGUV Regel 114-601 „Branche

Abfallwirtschaft Teil I Abfallsammlung“ und DGUV Regel 114-602 „Branche Abfallwirtschaft Teil II Abfallbehandlung“ werden alle Aspekte dieser Branche behandelt. Nach einem Kapitel „Was für alle gilt“, das die übergreifenden Anforderungen und Lösungen beschreibt, die für alle Branchen gleichermaßen zutreffen, werden in zahlreichen Kapiteln Details erläutert, die für einzelne Betriebe von Bedeutung sind.

**Arbeitsmedizinische Vorsorge in der Abfallbehandlung**

Als Beispiel ist hier das Kapitel „Arbeitsmedizinische Vorsorge in der Abfallbehandlung“ dargestellt. Ergibt die Gefährdungsbeurteilung, dass die Beschäftigten Gefahrstoffen, biologischen Arbeitsstoffen beziehungsweise physikalischen Belastungen ausgesetzt sind, ist zu prüfen, ob arbeitsmedizinische Vorsorgen zu veranlassen (Pflichtvorsorge) oder anzubieten (Angebotsvorsorge) sind. Die Vorsorgeanlässe stehen in der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV). Die Unternehmen sollten sich bei der Auswahl der Anlässe von der zuständigen Betriebsärztin oder dem zuständigen Betriebsarzt beraten lassen.

Die Ergebnisse der arbeitsmedizinischen Vorsorge dienen über die individuelle Schutzfunktion für die Beschäftigten hinaus auch als weitere Quelle von Erkenntnissen für die innerbetrieblichen Präventionsmaßnahmen im Zusammenhang mit der Gefährdungsbeurteilung (zum Beispiel Ergebnisse des Biomonitorings).

Abgesehen von den oben genannten Vorsorgeanlässen, können sich die Beschäftigten auch auf eigenen Wunsch von der Betriebsärztin oder dem Betriebsarzt beraten und untersuchen lassen (Wunschvorsorge).

**Ausblick**

Die Endfassung der Branchenregel Abfallwirtschaft mit den ersten beiden Teilen DGUV Regel 114-601 „Branche Abfallwirtschaft Teil I Abfallsammlung“ und DGUV Regel 114-602 „Branche Abfallwirtschaft Teil II Abfallbehandlung“ der insgesamt 4-teiligen Branchenregel wird derzeit in den zuständigen Gremien der DGUV abgestimmt. Es ist beabsichtigt, diese anschließend zeitnah

zu veröffentlichen. Die noch ausstehenden DGUV-Regeln „Branche Abfallwirtschaft Teil III: Straßenreinigung“ sowie „Branche Abfallwirtschaft Teil IV: Recyclinghöfe und Schadstoffannahmestellen“ werden zurzeit noch bearbeitet.

Wenn die Gestaltung dieser Branchenregeln in der Praxis positiv aufgenommen wird, sollen nach diesem Muster für viele weitere Branchen Kompendien erstellt werden.

Tätigkeit	Anlass für Pflichtvorsorge	Anlass für Angebotsvorsorge
Tätigkeiten mit verfaulenden Abfällen, Exposition durch Faulgase	Schwefelwasserstoff (H <sub>2</sub> S)	
Aufsetzen und Umsetzen von Kompostmieten	alveolengängiger Staub (A-Staub)	
Absieben oder Windsichten von Kompost	einatembarer Staub (E-Staub)	
Recycling von Nickel-Metallhydrid-Batterien	Nickel, Nickelverbindungen	
Zerlegen von Leuchtstofflampen, Kompakt-Leuchtstofflampen und Hg-Dampflampen	Quecksilber, anorganische Quecksilberverbindungen	
Tätigkeiten mit oder in unmittelbarer Nähe von in Betrieb befindlichen Verbrennungsmotoren	polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Kohlenmonoxid	
Arbeiten in feuchtem Milieu, Tragen von flüssigkeitsdichten Handschuhen	regelmäßig über 4 Stunden täglich	regelmäßig 2 bis 4 Stunden täglich
Schweißen und Trennen von Metallen	Schweißrauchexposition über 4 mg/m <sup>3</sup>	Schweißrauchexposition unter 4 mg/m <sup>3</sup>
Fäkalien und mit Fäkalien belastete Abfälle		Hepatitis-A-Virus (HAV) einschließlich Impfung
Gefahr von Verletzungen durch blutige, scharfe Gegenstände (Skalpelle, Kanülen, Spritzen) im Abfall		Hepatitis-B-Virus (HBV) einschließlich Impfung, Hepatitis-C-Virus (HCV)
Kompostierung, Recycling von mit Biostoffen (Bakterien, Schimmelpilze) belasteten Materialien		Tätigkeiten mit Exposition gegenüber sensibilisierend oder toxisch wirkenden biologischen Arbeitsstoffen
Tätigkeiten mit Lärmexposition	Überschreitung von Lex, 8 h = 85 dB(A) bzw. LpC, peak = 137 dB(C)	Überschreitung von Lex, 8 h = 80 dB(A) bzw. LpC, peak = 135 dB(C)
Tätigkeiten, die das Tragen von Atemschutzgeräten erfordern	Geräte der Gruppen 2 und 3	Geräte der Gruppe 1
Tätigkeiten in Überwachungs- oder anderen Räumen mit Bildschirmgeräten		Tätigkeiten an Bildschirmgeräten

Tab. 1: Übersicht, bei welchen Tätigkeiten sich in Abhängigkeit der Gefährdungsbeurteilung Anlässe für Pflicht- oder Angebotsuntersuchungen ergeben können.

Welche Bedeutung diesen neuen Branchenregeln zukommt, wird auch noch einmal deutlich in der Tatsache, dass im Rahmen des Arbeitsmedizinischen Kolloquiums der DGUV im Rahmen der 56. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin am 09.03.2016

die Branchenregeln bereits jetzt als Schwerpunktthema feststehen.

**Die Autoren**  
**Prof. Dr. Thomas Brüning,**  
**Prof. Dr. Jürgen Büniger**  
 IPA

Beitrag als PDF



## Die Branchenregel

Aufgabe der Branchenregel ist es, der Unternehmerin und dem Unternehmer ein Kompendium aller Anforderungen aus Arbeits- und Gesundheitsschutzregelungen für seinen Betrieb zur Verfügung zu stellen. Dies erfordert eine branchenorientierte Aufarbeitung von staatlichen Regeln, DGUV Vorschriften (Unfallverhütungsvorschriften), aber auch z. B. von DIN-Normen oder VDE-Richtlinien. Als Kompendien sind Branchenregeln auch besonders für kleine und mittlere Unternehmen hilfreich. Durch ihren hohen Praxisbezug bieten sie auch großen Nutzen für weitere betriebliche Akteure im Arbeitsschutz, wie Personal- und Betriebsräte, Fachkräfte für Arbeitssicherheit und Betriebsärztinnen und Betriebsärzte. Grundlage der Entwicklung von Branchenregeln ist das Leitlinienpapier zur Neuordnung des Vorschriften- und Regelwerks von BMAS und DGUV, das mit der Branchenregel ein neues Instrument der gesetzlichen Unfallversicherung beschreibt.

### Rechtliche Grundlagen

- §§ 4 – 6 der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) in Verbindung mit dem Anhang zur ArbMedVV
- Arbeitsmedizinische Regel (AMR) Nr. 2.1 „Fristen für die Veranlassung/das Angebot von arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen“
- Arbeitsmedizinische Regel (AMR) 6.3 „Vorsorgebescheinigung“
- Arbeitsmedizinische Regel (AMR) Nr. 6.4 „Mitteilungen an den Arbeitgeber nach § 6
- Arbeitsmedizinische Regel (AMR) 6.5 „Impfungen als Bestandteil der arbeitsmedizinischen Vorsorge bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen“
- Arbeitsmedizinische Regel (AMR) 14.2 „Einteilung von Atemschutzgeräten in Gruppen“
- Technische Regel für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA) 214 „Abfallbehandlungsanlagen“

### Gefährdungen

In der Abfallbehandlung bestehen folgende Gefährdungen für die Beschäftigten durch:

- Gefahrstoffe,
- Biostoffe,
- Lärm und Vibrationen,
- hohe körperliche Belastungen,
- Tragen von Atemschutzgeräten,
- Bildschirmtätigkeit.

### Maßnahmen

#### Arbeitsmedizinische Vorsorge

Die arbeitsmedizinische Vorsorge dient vor allem der individuellen Beratung der Beschäftigten im Hinblick auf mögliche Gesundheitsrisiken, die im Zusammenhang mit deren Tätigkeit stehen, und der Erkennung von Frühsymptomen von Erkrankungen. Weitere Informationen zur Beratung der Beschäftigten im Rahmen der arbeitsmedizinischen Vorsorge enthält die TRBA 214. Die Betriebsärztin oder

der Betriebsarzt kann durch eine Erhebung der Krankengeschichte und evtl. Untersuchung der Beschäftigten – einschließlich des Biomonitorings – Gesundheitsstörungen und Erkrankungen frühzeitig erkennen. Die Vorsorge nach ArbMedVV dient nicht der Feststellung der Eignung für die Tätigkeit. Dazu können weitere so genannte Eignungsuntersuchungen nötig sein, z. B. bei Fahr- und Steuertätigkeiten.

# Für Sie gelesen

## Leitlinie zur Spirometrie: Neue Leitlinie, neue Referenzwerte?

Críe CP, Baur X, Berdel D, Bösch D, Gappa M, Haidl P, Husemann K, Jörres R A, Kabitz H-J, Kardos P, Köhler D, Magnussen H, Merget R, Mitfessel H, Nowak D, Ochmann U, Schürmann W, Smith HJ, Sorichter S, Voshaar T, Worth H: Leitlinie der Deutschen Atemwegsliga, der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin und der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin zur Spirometrie; Standardization of Spirometry: 2015 Update Published by German Atemwegsliga, German Respiratory Society and German Society of Occupational and Environmental Medicine. Leitlinie zur Spirometrie. *Pneumologie* 2015;69: 147-164

Die Spirometrie ist eine einfache, schnelle und nicht-invasive Untersuchung zur Messung von Lungenvolumina und Atemstromstärken. Sie dient der Diagnostik einer obstruktiven Ventilationsstörung sowie der Festlegung ihres Schweregrades.

Die neue Leitlinie zur Spirometrie wurde von Fachleuten aus der Deutschen Atemwegsliga, der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin und der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin erarbeitet und besteht aus zwei Teilen. Im ersten Teil werden die Definitionen der einzelnen spirometrischen Parameter und die praktische Messung der Lungenfunktion dargestellt. Im zweiten Teil werden die Auswertung der Parameter und die Bewertung der Ergebnisse ausführlich diskutiert. Die neue Leitlinie verfolgt somit auch das Ziel, die Qualität der Durchführung und Interpretation der Spirometrie flächendeckend zu verbessern und stellt eine Weiterentwicklung der Empfehlungen der Deutschen Atemwegsliga aus dem Jahre 2006 dar.

Bei den bisher in Deutschland verwendeten Referenzwerten handelt es sich um die sogenannten EGKS-Werte (Europäische Gesellschaft für Kohle und Stahl), die 1993 von der European Respiratory Society (ERS) publiziert wurden. Diese entsprechen jedoch weder unter epidemiologischen und biostatistischen Aspekten nicht mehr den heutigen Anforderungen. Basis für die neue Leitlinie waren die Ende 2012 von der Taskforce der European Respiratory Society (ERS) veröffentlichten Referenzwertempfehlungen für die Spirometrie (s. IPA-Journal 01/2015). Ausgewertet wurden dabei die Daten von ca. 100.000 Spirometrien von 74.000 gesunden Nichtrauchern im Alter von 9 bis 95 Jahren. Die Untersuchung umfasste über 57.000 Kaukasier (einschl. Europäer).

Eine obstruktive Ventilationsstörung ist durch eine Verminderung des altersabhängigen Tiffeneau-Index ( $FEV_1/FVC$ ) auf Werte unterhalb des 5. Perzentils (entspricht dem unteren Grenzwert, lower limit of normal (LLN)) definiert. Charakteristisch ist die Abnahme der maximalen expiratorischen Atemstromstärken. Als LLN wird gewöhnlich das 5. Perzentil definiert. Dies bedeutet, dass lediglich 5% der gesunden Bevölkerung einen Messwert unterhalb des LLN



Die Spirometrie dient der Diagnostik einer obstruktiven Ventilationsstörung.

aufweisen. In der klinischen Beurteilung ergibt sich der spirometrische Schweregrad der obstruktiven Ventilationsstörung aus der Einschränkung der  $FEV_1$ , welche in Prozent des Sollwerts ausgedrückt wird. Aufgrund der nun neuen GLI-Normalwerte wurde die bisherigen Schweregradeinteilung Graduierung (fünf Bereiche) modifiziert und eine dreistufige Graduierung geschaffen (leichtgradig:  $FEV_1 > 60\%$  Soll, mittelgradig  $FEV_1 40-60\%$  Soll, schwergradig  $FEV_1 < 40\%$  Soll).

Weit verbreitet ist das Vorgehen, einen pathologischen Grenzwert anhand fester Prozentangaben des Mittelwertes zu definieren (z. B.  $\leq 80\%$ ). Dieses Verfahren ignoriert jedoch die unterschiedliche Streubreite der Normalwerte. Die aus dieser Untersuchung resultierenden Werte, wie die forcierte Vitalkapazität (VC) und die Einsekundenkapazität ( $FEV_1$ ), liegen ab den vierzigsten Lebensjahr um ca. 10% höher, als die bisherigen Referenzwert-Empfehlungen (EGKS). Aus den Daten lässt sich weiterhin ableiten, dass nur für Personen bis zum 40igsten Lebensalter ein Lungenfunktionswert dann als pathologisch zu betrachten ist, wenn er weniger als 80% des Sollwertes beträgt. Der untere Grenzwert, der über die Beurteilung „normal“ oder „pathologisch“ entscheidet, liegt zum Beispiel bei 80-Jährigen unterhalb von 70% des alten Sollwertes, was früher also fälschlich als pathologisch angesehen wurde.

Eine verminderte Vitalkapazität (FVC) kann Ausdruck einer restriktiven Ventilationsstörung sein, die durch eine Verminderung der Totalen Lungenkapazität (TLC) auf Werte unterhalb des 5. Perzentils (LLN) definiert ist. Zur Differenzialdiagnose einer Lungenüberblähung ist aber diesbezüglich eine bodyplethysmografische Messung der TLC immer noch notwendig. Der spirometrische Schweregrad der restriktiven Ventilationsstörung ergibt sich aus der Einschränkung der forcierten Expiration (FVC) beziehungsweise (falls untersucht) der inspiratorischen Vitalkapazität (IVC) ausgedrückt in Prozent des Sollwerts. Wie bei der obstruktiven Ventilationsstörung ist hier eine



dreiteilige Schweregradeinteilung aufgrund neuer Normalwerte empfohlen (leichtgradig: FVC (IVC)  $> 60$  %Soll, mittelgradig: FVC (IVC) 40-60 %Soll, schwergradig: FVC (IVC)  $< 40$  %Soll).

In der arbeitsmedizinischen Beurteilung wiederum ergibt sich der spirometrische Schweregrad der obstruktiven Ventilationsstörung aus der Einschränkung der FEV<sub>1</sub>, welcher wiederum in Prozent des LLN ausgedrückt wird. Aufgrund der nun neuen GLI-Normalwerte wurde die fünf Bereiche der umfassenden Graduierung verlassen und eine dreistufige Graduierung geschaffen (leichtgradig: FEV<sub>1</sub>  $\geq 85$ % LLN, mittelgradig: FEV<sub>1</sub>  $< 85$ % LLN und  $\geq 55$ % LLN, schwergradig: FEV<sub>1</sub>  $< 55$ % LLN). Wie bei der obstruktiven Ventilationsstörung ergibt sie für die restriktive Ventilationsstörung eine dreiteilige Schweregradeinteilung aufgrund neuer Normalwerte auf Basis des LLN (leichtgradig: FVC  $\geq 85$ % LLN, mittelgradig: FVC  $< 85$ % LLN und  $\geq 55$ % LLN, schwergradig: FVC  $< 55$ % LLN).

#### Fazit/Bewertung:

Aus arbeitsmedizinischer Sicht können die aktuellen Referenzwerte im Rahmen der pneumologischen Begutachtung ohne Übergangsfrist angewendet werden. Die Spirometrie-Leitlinie trägt zu einer Vereinheitlichung der Umsetzung der neuen Referenzwerte bei und berücksichtigt zum ersten Mal einen lückenlosen wie gleitenden Übergang vom Kindesalter in den Erwachsenenbereich, welche eine Befundinterpretation wesentlich verbessern. Weiterhin sind diese neuen Referenzgleichungen zu der Bestimmung des Sollmittelwertes genauer, da die Population umfangreicher und breiter gewählt wurde. Falls die derzeitigen Geräte eine automatische Berechnung (noch) nicht ermöglichen, können die Referenzwerte und die untere Sollwertgrenze (LLN) jedes Patienten mithilfe der im Internet veröffentlichten Werte ([www.lungfunction.org](http://www.lungfunction.org)) berechnet werden.

Eike Marek

## Erhöhtes Lungenkrebsrisiko bei Tätigkeiten in Steinbrüchen, Erzbergwerken und Kohlenbergwerken

Taeger D, Pesch B, Kendzia B, Behrens T, Jöckel K-H, Dahmann D, Siemiatycki J, Kromhout H, Vermeulen R, Peters S, Olsson A, Brüske I, Wichmann H-E, Stücker I, Guida F, Tardón A, Merletti F, Mirabelli D, Richiardi L, Pohlabeln H, Ahrens W, Landi MT, Caporaso N, Pesatori AC, Mukeriyaa A, Szeszenia-Dabrowska N, Lissowska J, Gustavsson P, Field J, Marcus MW, Fabianova E, 't Mannetje A, Pearce N, Rudnai P, Bencko V, Janout V, Dumitru RS, Foretova L, Forastiere F, McLaughlin J, Demers P, Bueno-de-Mesquita B, Schüz J, Straif K, Brüning T. Lung cancer among coal miners, ore miners and quarrymen: smoking-adjusted risk estimates from the synergy pooled analysis of case-control studies. *Scand J Work Environ Health* 2015; Epub ahead of Print

Die Arbeit in Kohlen- und Erzbergwerken sowie in Steinbrüchen ist assoziiert mit einem erhöhten Lungenkrebsrisiko. Allerdings gibt es zum Lungenkrebsrisiko unter Kohlenbergwerkern widersprüchliche Erkenntnisse. Zu den Gefahrstoffen, denen Bergleute ausgesetzt sind und waren, können unter anderem Arsen, Asbest, Chrom, Nickel, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, Quarz, ionisierende Strahlen und Dieselmotoremissionen gehören. Allerdings hängt die Höhe der Exposition auch von der geologischen Situation, der Art des gewonnenen Rohstoffes sowie von industriehygienischen Maßnahmen ab. Das Ziel einer Auswertung im Verbundprojekt SYNERGY war die Abschätzung des Lungenkrebsrisikos von Kohlenbergwerkern unter Berücksichtigung des individuellen Tabakkonsums. Dieses Risiko wurde mit dem Muster des Lungenkrebsrisikos von Erzbergwerk- und Steinbrucharbeitern verglichen. Das Projekt SYNERGY wird seit dem Jahr 2007 unter Leitung der Internationalen Krebsagentur (IARC) der Weltgesundheitsorganisation (WHO), dem Institut für Risk Assessment (IRAS) der Universität Utrecht und dem IPA durchgeführt (<http://>

[synergy.iarc.fr](http://synergy.iarc.fr)). Primäre Fragestellung ist die synergistische Wirkung verschiedener Gefahrstoffe auf die Entwicklung von Lungenkrebs-erkrankungen. Bei der hier vorgestellten Analyse handelt es sich um eine Sonderauswertung im Rahmen des SYNERGY-Projektes.

Hierzu wurden die Daten von 14.251 Lungenkrebsfällen bei Männern und 17.267 ebenfalls männlichen Kontrollpersonen aus 14 Fall-Kontroll-Studien in Europa, Kanada und Neuseeland ausgewertet. Unter diesen befanden sich 739 Kohlenbergwerker (442 Fälle; 297 Kontrollen), 77 Erzbergwerker (53 Fälle; 24 Kontrollen) und 106 Steinbrucharbeiter (67 Fälle; 39 Kontrollen). In den Risikomodellen wurde der Tabakkonsum detailliert mit berücksichtigt, ebenso wie frühere oder spätere Beschäftigung in einem Beruf mit erhöhtem Lungenkrebsrisiko, aber auch Dauer der Beschäftigung und die Zeit seit der letzten Beschäftigung in einem Kohle- oder Erzbergwerk beziehungsweise einem Steinbruch. Das höchste Risiko wiesen Erzbergwerker mit einem Odds Ratio OR von 2,34 (95%-Konfidenzintervall (95%-KI) 1,36-4,03) auf, gefolgt von Steinbrucharbeitern mit einem OR von 1,92 (95%-KI 1,21-3,05), und den Kohlenbergwerkern mit einem OR von 1,40 (95%-KI 1,18-1,67). Risikotrends bezüglich Dauer der Exposition oder Zeit seit letzter Exposition konnten nicht beobachtet werden.

Diese gepoolte Analyse von populations-bezogenen Fall-Kontroll-Studien wies ein erhöhtes Lungenkrebsrisiko unter Bergleuten in Kohlen- und Erzbergwerken und Beschäftigten im Steinbruch – auch nach Berücksichtigung des individuellen Rauchverhaltens und Beschäftigung in anderen Berufen mit bekannten Lungenkrebsrisiken – nach. Das Risiko von Kohlenbergwerkern ist niedriger als das der beiden anderen Berufsgruppen, aber immer noch um 40% höher als in der Kontrollgruppe. Der Einfluss von bekannten Lungenkarzinogenen, die im Bergbau vorkommen, wie z.B. kristalliner Quarz, muss in weiteren Analysen geprüft werden.

Dr. Dirk Taeger

# Neue Publikationen aus dem IPA

01. Behrens T, Heidrich J, Keil U: Correspondence: Modifying Behaviors in Patients with coronary heart disease. *Dt Ärzteblatt* 2015; 112: 459
02. Bünger J, Bünger J, Krahl J, Munack A, Schröder O, Brüning T, Hallier E, Westphal G: Combusting vegetable oils in diesel engines: the impact of unsaturated fatty acids on particle emissions and mutagenic effects of the exhaust. *Arch Toxicol* 2015; Epub ahead of Print
03. Casjens S, Schwender H, Brüning T, Ickstadt K: A novel cross-over operator based on variable importance for evolutionary multi-objective optimization with tree representation. *J Heuristics* 2015; 21: 1–24
04. Casteleyn L, Dumez B, Becker K, Kolossa-Gehring M, D..., Koch H, Angerer J, Esteban M, ..., Crettaz P, Aerts D: A pilot study on the feasibility of European harmonized Human Biomonitoring: Strategies towards a common approach, challenges and opportunities. *Environ Res* 2015; Epub ahead of Print
05. Criée C, Baur X, Berdel D, Bösch D, Gappa M, Haidl P, Husemann K, Jörres R, Kabitz H, Kardos P, Köhler D, Magnussen H, Merget R, Mitfessel H, Nowak D, Ochmann U, Schürmann W, Smith H, Sorichter S, Voshaar T, Worth H: Leitlinie zur Spirometrie. Leitlinie der Deutschen Atemwegsliga, der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin und der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin zur Spirometrie. *Pneumologie* 2015; 69: 147–164
06. Diepgen T, Andersen K, Chosidow O, Coenraads P, Elsner P, English J, Fartasch M, Gimenez-Arnau A, Nixon R, Sasseville D, Agner T: Guidelines for diagnosis, prevention and treatment of hand eczema. *J Dtsch Dermatol Ges* 2015; 13: e1-22
07. Diepgen T, Andersen K, Chosidow O, Coenraads P, Elsner P, English J, Fartasch M, Gimenez-Arnau A, Nixon R, Sasseville D, Agner T: Guidelines for diagnosis, prevention and treatment of hand eczema - short version. *J Dtsch Dermatol Ges* 2015; 13: 77–85
08. Exley K, Aerts D, Biot P, Casteleyn L, Kolossa-Gehring M, ..., Angerer J, Koch H, E..., Joas A, Sepai O: Pilot study testing a European human biomonitoring framework for biomarkers of chemical exposure in children and their mothers: experiences in the UK. *Environ Sci Pollut Res Int* 2015; Epub ahead of Print
09. Fartasch M, Diepgen T, Drexler H, Elsner P, John S, Schliemann S: S1 guideline on occupational skin products: protective creams, skin cleansers, skin care products (ICD 10: L23, L24) - short version. *J Dtsch Dermatol Ges* 2015; 13: 594–606
10. Gabrio T, Hurraß J, Wiesmüller G, Herr C, Raulf M: Untersuchungsmethoden zur Erfassung einer Schimmelpilzexposition - ein Update. *Umweltmed - Hygiene - Arbeitsmed* 2015; 20: 115–131
11. Hagemeyer O, Marek E, van Kampen V, Sander I, Raulf M, Merget R, Brüning T: Specific Inhalation Challenge in Persulfate Asthma. *Adv Exp Med Biol* 2015; 861: 85-91
12. Hartmann C, Uhl M, Weiss S, Koch H, Scharf S, König J: Human biomonitoring of phthalate exposure in Austrian children and adults and cumulative risk assessment. *Int J Hyg Environ Health* 2015; 218: 489–499
13. Hoffmeyer F, Berresheim H, Beine A, Sucker K, Brüning T, Bünger J: Methodological implications in pH standardization of exhaled breath condensate. *J Breath Res* 2015; 9: 036003
14. Hollestelle A, van der Baan, Frederieke H, Berchuck A, J..., Brüning T, Budzilowska A, Bunker C, Burwinkel B, Butzow R, Buys S, Caligo M, Campbell I, Carter J, Chang-Claude J, ..., Pharoah Paul D P, Rookus, M A, Hoening, M J, Goode, E L: No clinical utility of KRAS variant rs61764370 for ovarian or breast cancer. *Gynecol Oncol* 2015; Epub ahead of Print
15. Liou P, Hauser R, Gennings C, Koch H, Mirkes P, Schwetz B, Kortenkamp A: Assessment of phthalates/phthalate alternatives in children's toys and childcare articles: Review of the report including conclusions and recommendation of the Chronic Hazard Advisory Panel of the Consumer Product Safety Commission. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 2015; 107: 343-53
16. Merget R, Fartasch M, Sander I, van Kampen V, Raulf M, Brüning T: Eosinophilic airway disease in a patient with a negative skin prick test, but a positive patch test with platinum salts - implications for medical surveillance. *Am J Ind Medicine* 2015; 58: 1008-1011
17. Modick H, Weiß T, Dierkes G, Koslitz S, Käfferlein HU, Brüning T, Koch HM: Metabolism and excretion kinetics of aniline in humans after single oral dosage. *Arch Tox* 2015; Epub ahead of Print
18. Monsé C, Hahn J, Assenmacher-Maiworm H, Kessler G, Bünger J, Brüning T, Merget R: Determining the concentration of diisocyanate atmospheres during inhalative exposure tests. *Gef Reinh Luft* 2015; 75: 95–100
19. Moos R, Koch HM, Angerer J, Apel P, Schröter-Kermani C, Brüning T, Kolossa-Gehring M: Parabens in 24 h urine samples of the German Environmental Specimen Bank from 1995 to 2012. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 2015; Epub ahead of Print
20. Morrison G, Weschler C, Bekö G, Koch H, Salthammer T, Schripp T, Toftum J, Clausen G: Role of clothing in both accelerating and impeding dermal absorption of airborne SVOCs. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 2015; Epub ahead of Print

# Neue Publikationen aus dem IPA

21. Neumann HD, Buxtrup M, Liebers V, Raulf M, Sander I: Staub-, Endotoxin- und Antigenkonzentrationen bei der Abfallsammlung. *Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft* 2015; 75: 275-284
22. Pesch B, Kendzia B, Hauptmann K, van Gelder R, Stamm R, Hahn J, Zschiesche W, Behrens T, Weiss T, Siemiatycki J, Lavoué J, Jöckel K, Brüning T: Airborne exposure to inhalable hexavalent chromium in welders and other occupations: Estimates from the German MEGA database. *Int J Hyg Environ Health* 2015; 218: 500–506
23. Punsmann S, Liebers V, Brüning T, Raulf M: Can mold exposure affect the innate immune system? Summary of the results of a pilot study. *Allergologie* 2015; 38: 103–108
24. Raulf M: Berufsbedingte Typ I-Allergie: Welche Diagnostik bei Verdacht auf berufsbedingte Typ I-Allergie? *VDBWaktuell* 2015; 04
25. Raulf M: Hausstaubmilben und Tierallergenen auf der Spur. *DGUV faktor arbeitsschutz* 2015: 18–19
26. Raulf M, Bergmann K, Kull S, Sander I, Hilger C, Brüning T, Jappe U, Müsken H, Sperl A, Vrtala S, Zahradnik E, Klimek L: Mites and other indoor allergens — from exposure to sensitization and treatment. *Allergo J Int* 2015; 24: 68–80
27. Raulf M, Sander I, Hilger C, Brüning T, Zahradnik E: Pests and other undesirable subtenants - how relevant are they as indoor allergen source? *Allergologie* 2015; 38: 91–102
28. Sander I, Zahradnik E, Brüning T, Raulf M: Quantification of mite exposure in homes with different immunoassays and airborne dust sampling methods. *Allergologie* 2015; 38: 64–69
29. Schütze A, Gries W, Kolossa-Gehring M, Apel P, Schröter-Kermani C, Fiddicke U, Leng G, Brüning T, Koch H: Bis-(2-propylheptyl) phthalate (DPHP) metabolites emerging in 24h urine samples from the German Environmental Specimen Bank (1999-2012). *Int J Hyg Environ Health* 2015; 218: 559–563
30. Schwarz M, Thielmann H, Meischner V, Fartasch M: Relevance of the mouse skin initiation-promotion model for the classification of carcinogenic substances encountered at the workplace. *Reg Toxicol Pharmacol* 2015; 72: 150–157
31. Spaan S, Pronk A, Koch H, Jusko T, Jaddoe, Vincent W V, Shaw P, Tiemeier H, Hofman A, Pierik F, Longnecker M: Reliability of concentrations of organophosphate pesticide metabolites in serial urine specimens from pregnancy in the Generation R Study. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 2015; 25: 286–294
32. Taeger D, Pesch B, Kendzia B, Behrens T, Jöckel K, Dahmann D, Siemiatycki J, Kromhout H, Vermeulen R, Peters S, Olsson A, Brüske I, Wichmann H, Stücker I, Guida F, Tardón A, Merletti F, Mirabelli D, Richiardi L, Pohlabeln H, Ahrens W, Landi M, Caporaso N, Pesatori A, Mukeriya A, Szeszenia-Dabrowska N, Lissowska J, Gustavsson P, Field J, Marcus M, Fabianova E, 't Mannetje A, Pearce N, Rudnai P, Bencko V, Janout V, Dumitru R, Foretova L, Forastiere F, John McLaughlin J, Demers P, Bueno-de-Mesquita B, Schüz J, Straif K, Brüning T: Lung cancer among coal miners, ore miners and quarrymen: smoking-adjusted risk estimates from the synergy pooled analysis of case–control studies. *Scand J Work Environ Health* 2015; Epub ahead of Print
33. Weschler C, Bekö G, Koch H, Salthammer T, Schripp T, Toftum J, Clausen G: Transdermal Uptake of Diethyl Phthalate and Di(n-butyl) Phthalate Directly from Air: Experimental Verification. *Environ Health Perspect* 2015; Epub ahead of Print
34. Zahradnik E, Sander I, Brüning T, Raulf M: Allergen levels in the hair of different cattle breeds. *Int Arch Allergy Immunol* 2015; 167: 9–15

Beitrag als PDF



## Arbeitsmedizinische Kolloquien am IPA

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

**Mittwoch, 30. September 2015**

Präventionsgesetz - aktueller Stand

Olaf Liebig, Berlin

**Mittwoch, 28. Oktober 2015**

\*Hautgesundheit: von der Primär- bis zur Tertiärprävention

Markus Taddicken, Oliver Reim, Bochum

**Mittwoch, 04. November 2015**

\*Der Rücken der Pflegenden – Präventive Angebote der BGW

Markus Taddicken, Oliver Reim, Bochum

**Mittwoch, 09. Dezember 2015**

Aktuelle Rechtsprechung des Bundessozialgerichts

Andreas Drifthaus, Dortmund

**Mittwoch, 20. Januar 2016**

Risikobewertung Aluminium

Annegret Blume, Berlin

**Mittwoch, 24. Februar 2016**

Nutri-bio-psychologische Aspekte der Adipositas

Uwe Machleit, Bochum

Bitte beachten, dass die mit \* gekennzeichneten Kolloquien an diesen Terminen in der BGW, Bezirksstelle Bochum, Universitätsstr. 78, 44789 Bochum stattfinden.

Die Veranstaltungen sind im Rahmen der Zertifizierung der ärztlichen Fortbildung der ÄKWL mit jeweils 3 Punkten (Kategorie A) anrechenbar. Infos unter: [www.ipa-dguv.de](http://www.ipa-dguv.de) Webcode 525824

Beitrag als PDF



## Arbeitsmedizin

### Kurse der Akademie für Ärztliche Fortbildung/Ärztchammer Westfalen-Lippe

Die komplette Kursreihe „Arbeitsmedizin“ (A1-C2) kann innerhalb von zwölf Monaten in Bochum absolviert werden. Die Kurse sind Bestandteil zur Erlangung der Gebietsbezeichnung „Arbeitsmedizin“ und der Zusatz-Weiterbildung „Betriebsmedizin“ gemäß Weiterbildungsordnung der ÄKWL vom 11.06. 2008. Die Kurse sind zudem gemäß Kursbuch „Arbeitsmedizin“ der Bundesärztekammer ausgerichtet und mit 68 Punkten pro Abschnitt (Kategorie K) zertifiziert. Die Kurse stehen unter der Gesamtleitung des Institutsdirektors Prof. Dr. Thomas Brüning. Die Organisation und Kursleitung erfolgt durch PD Dr. Horst Christoph Broding.

Ort: Bochum, IPA, Bürkle-de-la-Camp-Platz 1.

Infos unter Tel. 0251/929-2202 oder Fax 0251/929-2249. Schriftliche Anmeldung erforderlich an:

Akademie für ärztliche 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)

Kursteil A	Kursteil B	Kursteil C
<b>Abschnitt A1:</b>	<b>Abschnitt B1:</b>	<b>Abschnitt C1:</b>
Mo. 21.09. - Mi. 30.09.15	Mo. 16.11. - Mi. 25.11.15	Mo. 11.01. - Mi. 20.01.16
Mo. 15.02. - Mi. 24.02.16	Mo. 14.03. - Mi. 23.03.16	Mo. 18.04. - Mi. 27.04.16
Mo. 10.10. - Mi. 19.10.16	Mo. 21.11. - Mi. 30.11.16	Mo. 09.01. - Mi. 18.01.17
Mo. 06.02. - Mi. 15.02.17	Mo. 06.03. - Mi. 15.03.17	
<b>Abschnitt A2:</b>	<b>Abschnitt B2:</b>	<b>Abschnitt C2:</b>
Mo. 26.10. - Mi. 04.11.15	Mo. 30.11. - Mi. 09.12.15	Mo. 25.01. - Mi. 03.02.16
Mo. 29.02. - Mi. 09.03.16	Mo. 04.04. - Mi. 13.04.16	Mo. 30.05. - Mi. 08.06.16
Mo. 05.12. - Mi. 14.12.16	Mo. 05.12. - Mi. 14.12.16	Mo. 23.01. - Mi. 01.02.17
Mo.20.02. - Mi. 01.03.17	Mo. 20.03. - Mi. 29.03.17	

Teilnehmergebühren pro Kursteil:  
Euro 615,00 (Mitglieder der Akademie)  
Euro 675,00 (Nichtmitglieder)  
Euro 555,00 (Arbeitslose Ärzte/innen)

## A + A in Düsseldorf

Vom 27. bis 30. Oktober findet die Messe für Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit in Düsseldorf statt

Die A und A ist die weltweit größte und wichtigste Fachmesse mit Kongress für alle Facetten von Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit. Die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung ist wieder mit einem großen Gemeinschaftsstand in Halle 10 vertreten. Hier werden sich auch die drei DGUV-Institute darunter das IPA präsentieren. Der A + A Kongress für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin steht in diesem Jahr unter dem Motto „Sicherheit, Gesundheit, Ergonomie“. Partnerland der A + A ist in diesem Jahr die Republik Korea.

[www.aplusa.de](http://www.aplusa.de)





**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)234 / 302-4501

Fax: +49 (0)234 / 302-4505

E-Mail: [ipa@ipa-dguv.de](mailto:ipa@ipa-dguv.de)

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