

## Schweißrauchexpositionen in Deutschland und Bewertung der gesundheitsschädigenden Wirkungen – insbesondere im Hinblick auf Lungenkrebserkrankungen

D. Koppisch\*<sup>1</sup>  
W. Zschiesche\*<sup>2</sup>  
A. Goebel<sup>1</sup>  
S. Schlatter<sup>1</sup>  
Y. von Mering<sup>1</sup>  
R. Ellegast<sup>1</sup>  
R. Van Gelder<sup>1</sup>  
T. von der Heyden<sup>1</sup>  
D. Pallapies<sup>2</sup>  
T. Behrens<sup>2</sup>  
C. Eisenhawer<sup>2</sup>  
T. Brüning<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA), Sankt Augustin  
<sup>2</sup>Institut für Prävention und Arbeitsmedizin der DGUV (IPA), Bochum

(eingegangen am 26.08.2022, angenommen am 30.01.2023)

### ABSTRACT / ZUSAMMENFASSUNG

#### **Welding fume exposure in Germany and evaluation of the adverse effects on health, particularly in respect to lung cancer diseases**

Exposure to welding fumes can negatively affect human health in different ways. German legislation on occupational diseases (BKV) lists a variety of such diseases which can be recognised as occupational diseases in welders. Lung cancer is one of the diseases listed in the German legislation.

In 2018, the International Agency for Research on Cancer (IARC) re-evaluated the lung cancer risk of welders and, for the first time, found sufficient evidence for the causation of lung cancer. In Germany, therefore, discussions are currently under way on expanding the German list of recognised occupational diseases accordingly.

This article contains information on various welding processes, the associated emission of welding fumes and the adverse health effects based on the IARC assessment, including the occupational diseases listed in the current German list of occupational diseases. Furthermore, an overview is given of the current status of exposure quantification and risk evaluation according to the literature as well as recommendations for the assessment of exposure to welding fumes.

**Keywords:** welding fumes – occupational disease – lung cancer – risk evaluation

doi:10.17147/asu-1-257912

#### **Schweißrauchexpositionen in Deutschland und Bewertung der gesundheitsschädigenden Wirkungen – insbesondere im Hinblick auf Lungenkrebserkrankungen**

Schweißrauchexpositionen können die Gesundheit des Menschen unterschiedlich beeinträchtigen. Für die Anerkennung berufsbedingter Erkrankungen bei Schweißenden sieht die Berufskrankheiten-Verordnung (BKV) verschiedene Berufskrankheiten vor. Zu den in der BKV geregelten Erkrankungen gehört auch Lungenkrebs.

Die Internationale Agentur für Krebsforschung (IARC) hat 2018 das Lungenkrebsrisiko von Schweißenden neu bewertet und für die Verursachung von Lungenkrebs erstmals „sufficient evidence“ festgestellt. In Deutschland wird daher zurzeit diskutiert, die Anlage 1 zur BKV entsprechend zu erweitern.

Dieser Beitrag enthält Informationen zu verschiedenen Schweißverfahren und deren Rauchfreisetzung, über die gesundheitsschädigenden Wirkungen auf Basis der IARC-Bewertung einschließlich der im aktuellen Berufskrankheiten-Recht vorgesehenen Berufskrankheiten. Darüber hinaus werden ein Überblick zum derzeitigen Stand der Expositionsermittlung und zur Risikoeinschätzung anhand der Literatur sowie Empfehlungen zur Beurteilung von Schweißrauchexpositionen gegeben.

**Schlüsselwörter:** Schweißrauchexposition – Berufskrankheit – Lungenkrebs – Risikoeinschätzung

## 1. Neubewertung des Lungenkrebsrisikos durch die IARC – Auswirkungen auf das Berufskrankheiten-Recht in Deutschland

Die Internationale Agentur für Krebsforschung (International Agency for Research on Cancer IARC) hat – gestützt auf zahlreiche Studien – das Lungenkrebsrisiko infolge von Schweißrauchexpositionen neu bewertet. In den Studien wurden nicht nur das Schweißen von Cr-Ni-Stahl betrachtet (Chrom(VI)-Verbindungen und Nickeloxid sind als kanzerogen für den Menschen eingestuft), sondern das Schweißen aller metallischen Werkstoffe, also auch jener Metalle, die bislang nicht als krebserzeugend eingestuft sind (IARC 2018). Die Studien weisen teilweise sehr heterogene Ergebnisse auf. In einzelnen der von der IARC in Monographie 118 detailliert beschriebenen Studien wurde kein oder kein eindeutiger Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Lungenkrebs und Schweißrauchexpositionen gesehen; andere Studien wiesen dagegen ein signifikant erhöhtes Krebsrisiko für Schweißende aus.

Die IARC konstatiert in ihrer Bewertung, dass Schweißrauche generell, das heißt unabhängig von der Rauchzusammensetzung, in die Gruppe 1, das heißt als für den Menschen krebserzeugend, einzustufen seien. Diese Erkenntnisse sollten in der Prävention und im nationalen Arbeitsschutzrecht berücksichtigt werden.

Gestützt auf diese IARC-Einschätzung hat in Deutschland der Ärztliche Sachverständigenbeirat „Berufskrankheiten“ (ÄSVB) Beratungen aufgenommen, ob dem Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) empfohlen werden soll, eine neue Berufskrankheit „Lungenkrebs durch Schweißrauche“ in die Anlage 1 der Berufskrankheiten-Verordnung (BKV) aufzunehmen. Die Stellungnahme des ÄSVB liegt bisher nicht vor. In diesem Zusammenhang hat die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) dazu erste Überlegungen angestellt.

Das Berufskrankheiten-Recht (BK-Recht) fordert, den Kausalzusammenhang zwischen beruflicher Exposition und Erkrankung zu ermitteln und auf der Grundlage von Anerkennungskriterien zu bewerten. Diese Anerkennungskriterien basieren im Regelfall auf Dosis-Wirkungs-Beziehungen, die für die krebserzeugende Wirkung von Schweißrauchen toxikologisch beziehungsweise epidemiologisch abgeleitet werden müssen. Dies stellt eine besondere Herausforderung dar, da Schweißrauche nahezu immer Stoffgemische sind und Kenntnisse über das gleichzeitige Wirken der im Schweißrauch vorhandenen Gefahrstoffe auf die Gesundheit bislang nicht ausreichend vorliegen (Floros 2018; AGS 2020). Zudem besteht Unklarheit in Bezug auf die Expositionsmetrik (z. B. Masse der Schweißrauchpartikel oder ihre Anzahlkonzentrationen; Spiegel-Ciobanu 2020). Zu beachten ist auch, dass Schweißrauchexpositionen zu einzelnen Verfahren zum Teil eine extreme Variabilität aufweisen. Ursache dafür sind zum Beispiel unterschiedliche Prozessparameter oder Arbeitsbedingungen. Expositionsabschätzungen sind daher ohne detaillierte Kenntnisse über die expositionsrelevanten Größen nicht oder nur bedingt möglich.

In dieser Publikation werden die derzeitige Einstufung von Schweißstätigkeiten im BK-Recht und der derzeitige Kenntnisstand zur Exposition in Deutschland wiedergegeben. Außerdem wird die Studienlage im Hinblick auf die Schwierigkeiten bei der Ableitung einer Dosis-Wirkungs-Beziehung dargestellt. Abschließend wird ein Ausblick auf eine mögliche Herangehensweise zur Beurteilung von Schweißrauchexpositionen gegeben.

## 2. Gesundheitsschädigende Wirkungen von Schweißrauchen und Gasen einschließlich deren Berücksichtigung in der aktuellen Berufskrankheitenliste

Schweißpersonal und sonstige in Schweißbereichen Arbeitende sind gegenüber luftgetragenen Schweißrauchen und Schweißgasen exponiert, wenn sie diese Stoffe mit der Arbeitsbereichsluft einatmen. Auch wenn die IARC in ihrer Einstufung nur von „welding fumes“ spricht und damit primär Schweißrauchpartikel betrachtet, zeigen auch die Gase eine gesundheitsschädigende Wirkung und werden daher hier berücksichtigt. Schweißrauchpartikel sind in der Regel so klein, dass sie mit der Atemluft bis in die unteren Atemwege und in die Lungenalveolen gelangen können. Werden mehr Partikel aufgenommen als über die mukoziliäre Clearance ausgeschieden oder über die Makrophagen abgebaut werden können, sind oftmals Atemwegs- und Lungenerkrankungen die Folge.

Metalle und Metallverbindungen in Schweißrauchen haben unterschiedliche Wirkungen auf die Gesundheit des Menschen. Sie können atemwegsbelastend, toxisch oder krebserzeugend sein. Im Arbeitsschutz geht man davon aus, dass

- Rauche, die beim Schweißen von un- und niedriglegierten Stählen (z. B. Baustähle, oftmals auch mit „Schwarzstahl“ bezeichnet) frei werden, größtenteils Eisen und unterschiedliche Anteile an Mangan – teilweise auch in komplexen Strukturen – enthalten. Aufgrund ihrer schlechten Löslichkeit und der guten Deponierbarkeit im Lungengewebe und in den peripheren Atemwegen kann eine chronisch-obstruktive Lungenerkrankung (COPD) resultieren, die im Einzelfall als Berufskrankheit (BK 4302) anerkannt werden kann. Expositionen gegenüber Gasen, wie Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid sowie Ozon können die hier genannte gesundheitsschädigende Wirkung der Schweißrauche verstärken.
- Eisenoxide in Schweißrauchen sind bislang als atemwegsbelastend eingestuft. Bei langandauernder Schweißstätigkeit unter extremen Bedingungen können sie zu Siderofibrosen führen, die nach der Berufskrankheiten-Nummer BK 4115 entschädigt werden können.
- Mangan, das beim Stahlschweißen freigesetzt wird, kann zu Einbußen der kognitiven Leistungsbreite und sensomotorischen Verarbeitungsgeschwindigkeit führen. Unter sehr hohen Expositionen können parkinsonähnliche Erkrankungen des Nervensystems („Manganismus“) auftreten. Jedoch werden diese Erkrankungen bei in Mitteleuropa arbeitenden Schweißern in der Regel nicht beobachtet.
- Aluminiumhaltige Schweißrauche können durch pathologische Veränderungen der tieferen Atemwege und der Lunge eine Aluminiumose hervorrufen (BK 4106).
- Zinkexpositionen, die insbesondere beim Schweißen verzinkter Werkstücke und bei der Bearbeitung von zinkhaltigen Werkstoffen (z. B. Messing) auftreten, können zu Metallrauchfieber führen. Ähnliche Effekte können auch durch Kupfer bei Buntmetallschweißern verursacht werden. Da es sich um meist folgenlos abheilende Erkrankungen handelt, sind diese nicht im Berufskrankheitenrecht berücksichtigt, sondern werden gegebenenfalls als Arbeitsunfall behandelt.
- Beim Schweißen von hochlegiertem Stahl können Expositionen gegenüber Chrom(VI)-Verbindungen und/oder Nickel und seinen Verbindungen (beim Schweißen: oxidische Verbindungen)

gegeben sein. Chrom(VI)-Verbindungen und Nickeloxid sind als krebserzeugend eingestuft. Lungenkreberkrankungen können unter den Berufskrankheiten-Nummern BK 1103 und BK 4109 anerkannt werden.

- In seltenen Fällen können Expositionen gegenüber Thorium, das insbesondere beim Anschleifen von thorierten WIG-Elektroden frei wird, infolge seiner Eigenschaft als alpha-Strahler Lungenkarzinome auslösen (BK 2402).
- Auch Expositionen gegenüber cadmiumhaltigen Schweiß- und Lötgeräucher können in seltenen Fällen Lungenkarzinome verursachen (BK 1104).

In den Anerkennungskriterien des BK-Rechts wird davon ausgegangen, dass die gesundheitsschädigenden Wirkungen eines Stoffs primär von der Expositionshöhe und der Expositionsdauer abhängig sind. Auch das zeitliche Muster, also die Frage, wann die Expositionen im Vergleich zum ersten Auftreten von Symptomen beziehungsweise dem Diagnosezeitpunkt der Erkrankung aufgetreten sind, spielt immer eine Rolle. Bevor auf das Expositions-niveau eingegangen wird, werden zunächst Informationen zu den am häufigsten angewendeten Schweißverfahren und deren Emissionen dargestellt.

### 3. Verfahren der Schweißtechnik und deren Emissionen

Schweißen und die hiermit verwandten Verfahren wie insbesondere thermisches Schneiden und Beschichten machen einen nicht unerheblichen Anteil an der Fertigung in Deutschland aus. Die Anzahl der in Deutschland tätigen und potenziell gegenüber Schweißrauchen und -gasen exponierten Beschäftigten ist nur schwierig abschätzbar. Nach den aus unserer Sicht belastbarsten Daten des Deutschen Verbands für Schweißen und verwandte Verfahren (DVS) ist für das Jahr 2019 von rund 145.000 vollzeitlich Beschäftigten in diesem Tätigkeitsfeld auszugehen (Moos u. Vogt 2021). Diese Zahl basiert auf 108.000 hauptberuflichen im Bereich Fügetechnik Beschäftigten (Schweißen, Brennschneiden, Löten, Nieten) sowie weiteren 111.000 Beschäftigten aus dem Bereich Klempnerei, Klimatechnik, Sanitär- und Heizungsbau, die mit zeitlichen Anteilen an schweißtechnischen Tätigkeiten auf Vollzeitstellen hochgerechnet wurden (Statistisches Bundesamt 2019; Moos 2022). Darüber hinaus geht der DVS von einer zusätzlichen Anzahl „anteilig“ mit Schweißtechniken Beschäftigten aus dem Bereich der metallzeugenden und -bearbeitenden Bereiche, des Fahrzeugbaus, der Luftfahrt-, Raumfahrt- und Schiffbautechnik aus, für die sich unter Annahme eines Anteils von 10 % Beschäftigten mit Anwendung von Schweißtechnik bei Hochrechnung auf Vollzeitstellen weitere rund 122.000 Personen ergeben (Böcking 2021; Moos u. Vogt 2021; Moos 2022). Insgesamt kann hieraus auf eine Anzahl von ca. 350.000 Beschäftigten mit regelmäßiger Exposition gegenüber Schweißrauchen und -gasen in Deutschland geschlossen werden. Berücksichtigt man die zusätzliche Zahl an Personen, die den Hochrechnungen auf Vollzeitstellen zugrunde liegen, ist von einer noch höheren Zahl auszugehen, die bis zu ca. 500.000 liegen könnte. Nach Angaben des DVS sind zusätzlich noch 85.000 Roboterführende in diesem Tätigkeitsfeld beschäftigt, die zumindest gelegentlich ebenfalls gegenüber Schweißrauchen und -gasen exponiert sein können (Böcking 2021; Moos 2022).

Schweißen ist ein Sammelbegriff für diverse Füge- und Trennverfahren. Bei den Fügeverfahren werden die zu verbindenden, metalli-

schen Werkstücke im Bereich der Schweißnaht geschmolzen, so dass sie sich in der Schmelze unlösbar miteinander verbinden. Je nach Verfahren wird als Energiequelle Strom, Wärme, Plasma, Laserstrahlung, Reibung und/oder Druck u. a. genutzt. Viele Schweißverfahren erfordern die Zugabe eines Schweißzusatzes, der ebenfalls schmilzt und sich in der Schmelze mit den Grundwerkstoffen verbindet. Mit Schneiden sind hier die schweißtechnischen Verfahren gemeint, bei denen Metalle im Bereich einer Trennfuge geschmolzen werden. Mithilfe eines Blasstrahls wird die Schmelze aus der Fuge ausgetrieben und damit das Werkstück getrennt. Verwandte Verfahren sind zum Beispiel Löten, Metall-Spritzen sowie additive Fertigungsverfahren (z. B. Metall-3D-Druck). Im Folgenden wird nur das Schweißen im engeren Sinne (Fügeverfahren) betrachtet.

Nahezu alle Verfahren setzen Gefahrstoffe in Form von Rauchen und Gasen frei. Bei den Schweißverfahren bestehen die Rauche vorwiegend aus partikelförmigen Metallen beziehungsweise Metallverbindungen, die aus der Schmelze frei werden. Innerhalb der Metallschmelze herrschen unterschiedliche Temperaturen, die höchsten (z. T. deutlich über 5000 °C) treten im Lichtbogen, im Plasma, oder im Bereich des Lasers auf. Bei diesen Temperaturen verdampfen Metalle. Der Metaldampf steigt – bedingt durch die Thermik – über der Schmelze auf. Sobald er den Bereich des Energieeintrages (Lichtbogen, Plasma, Laser etc.) verlässt, kühlt er in der Umgebungsluft ab. In dem sich abkühlenden Metaldampf entstehen durch Nukleation feine Metallpartikel (Primärpartikel), der sogenannte Schweißrauch. Primärpartikel haben üblicherweise Durchmesser kleiner als 100 Nanometer, sie sind daher der ultrafeinen Partikelfraktion zuzuordnen. Teilweise agglomerieren die Partikel zu größeren, meist kettenförmigen Gebilden im Größenbereich bis zu ca. 1 µm (selten auch darüber hinaus bis zu ca. 10 µm, insbesondere beim thermischen Schneiden). Schweißrauch besteht somit aus dispers in der Umgebungsluft verteilten, partikelförmigen Metallen beziehungsweise Metallverbindungen, die bedingt durch ihre Partikelgröße vorrangig der alveolengängigen Staubfraktion (A-Staub) zuzuordnen sind.

Bei den Verfahren, bei denen ein Zusatzwerkstoff (z. B. Schweißdraht, Elektrode) eingesetzt wird, wird die Rauchzusammensetzung maßgeblich durch die Zusammensetzung des Zusatzwerkstoffes bestimmt, bei Verfahren ohne Schweißzusatz allein durch die Grundwerkstoffzusammensetzung. Die Zusammensetzungen der Grund- und Schweißzusatzwerkstoffe sind üblicherweise metallurgisch ähnlich, das heißt, zum Schweißen eines unlegierten Baustahls wird ein un- beziehungsweise niedriglegierter Schweißzusatz verwendet. Das Schweißen von unlegierten Stählen setzt somit Rauche frei, die überwiegend aus Eisen beziehungsweise Eisenverbindungen sowie Mangan bestehen, das Schweißen von Aluminium und Aluminiumlegierungen dagegen primär Aluminiumoxid. Rauche aus Prozessen, in denen hochlegierte Stähle (z. B. korrosionsbeständige Chrom-Nickel-Stähle) bearbeitet werden, enthalten typischerweise Chrom, Chrom(VI)-Verbindungen sowie Nickel und Nickelverbindungen. Rauche, die beim Schweißen von warmfesten Stählen frei werden, können darüber hinaus auch Molybdän, Vanadium und Niob enthalten.

Die pro Zeiteinheit freigesetzte Rauchmenge (Emissionsrate in mg/s) ist verfahrensspezifisch und prozessparameterabhängig. Für das häufig angewendete Metall-Aktivgasschweißen (MAG) mit Massivdrähten beträgt die Emissionsrate etwa 2 bis 12 mg/s, für das MAG-Schweißen mit Fülldrähten bis 20 mg/s. Gemäß TRGS 528 wird MAG-Schweißen

daher der Emissionsgruppe „hoch“ zugeordnet (AGS 2020). Dagegen ist das Wolfram-Inertgasschweißen (WIG) ein massebezogen emissionsarmes Verfahren, es setzt nur etwa 1 mg/s frei. Bezüglich der Partikelanzahlkonzentration ist das WIG-Schweißen jedoch ein hochemittierendes Verfahren (Lehnert et al. 2012). Einen erheblichen Einfluss auf die Emissionsrate haben auch die Prozessparameter. So bewirken in der Regel ein hoher Energieeintrag (hoher Schweißstrom, hohe Spannung) und eine lange Lichtbogenbrenndauer eine hohe Emissionsrate. Darüber hinaus haben auch die Art und Zusammensetzung des Schutzgases sowie die Oberflächenbeschaffenheit des zu schweißenden Bauteils einen Einfluss auf die Emissionsrate des Prozesses.

Neben der Emissionsrate beeinflussen weitere Randbedingungen wie Schweißdauer, Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen (insbesondere eine Rauchabsaugung), räumliche Gegebenheiten am Arbeitsplatz, Arbeitsplatzlüftung, Arbeitsposition der schweißenden Person (mit dem Kopf in oder außerhalb der Rauchfahne) etc. die Expositionshöhe.

Unter den Lichtbogenverfahren erfordern die Metall-Schutzgasschweißverfahren (MSG) den Einsatz von Schutzgasen. Diese bestehen üblicherweise aus Argon-Kohlenstoffdioxid-Gasgemischen (MAG-Schweißen) beziehungsweise Argon (Metallinertgasschweißen, MIG, das fast ausschließlich bei der Bearbeitung von Nicht-Eisen-Werkstoffen sowie Nickel-Basis-Werkstoffen eingesetzt wird). Das Schutzgas hat vorwiegend die Aufgabe, Reaktionen der Schmelze mit der Umgebungsluft zu verhindern, den Prozess zu stabilisieren und teilweise auch den Energieeintrag in die Schmelze zu steigern. MSG-Schweißen ist daher auch mit dem Einsatz von Gasen wie Kohlenstoffdioxid verbunden. Die Emissionen sind in der Regel jedoch so gering, dass unter „normalen“ Arbeitsbedingungen, das heißt beim Schweißen in belüfteten Werkhallen, die Kohlenstoffdioxidkonzentration im Arbeitsbereich zwar zunimmt, der CO<sub>2</sub>-Arbeitsplatzgrenzwert in der Regel aber nicht überschritten wird. Insbesondere bei hohen Anteilen von CO<sub>2</sub> im Schutzgas ergeben sich auch Expositionen gegenüber Kohlenmonoxid (CO), die jedoch in der Regel am Arbeitsplatz ebenfalls keine gesundheitskritischen Konzentrationen erreichen. Dem gegenüber wird der Schutz der Schweißschmelze beim Lichtbogenhandschweißen mit Stabelektroden (LBH) durch eine Umhüllung des metallischen Kernstabes mit Schlacke-bildenden Inhaltsstoffen erreicht.

Bei den Lichtbogenverfahren kann die Lichtbogenstrahlung den in der Umgebungsluft enthaltenen Sauerstoff in Ozon umwandeln. Werden reflektierende Metalle (Aluminium und Chrom-Nickel-Stähle) geschweißt, verstärken die Reflektionen die Strahlungsintensität, so dass bei diesen Verfahren mit erhöhten Ozonkonzentrationen, durchaus auch über dem Grenzwert, zu rechnen ist.

Bei den Verfahren der Autogentechnik (z. B. Gasschweißen) wird die erforderliche Prozesswärme durch Verbrennen eines Brenngases zugeführt. Dieses besteht in der Regel aus Acetylen oder Propan, die üblicherweise durch Zugabe von Sauerstoff beziehungsweise Druckluft verbrennen. Bei Temperaturen größer 1000 °C wird der in der Luft enthaltene Stickstoff in nicht zu vernachlässigenden Mengen zu Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid oxidiert.

Das Expositionsniveau insgesamt und der Einfluss einzelner Arbeitsplatzparameter, wie der Absaugung der Emissionen, auf die Expositionshöhe sind im Folgenden dargestellt. Sofern die Datenglage dies zulässt, wird die Expositionshöhe auch zeitlich differenziert ausgewiesen.

#### 4. Expositionen beim Schweißen – Messdaten aus deutschen Betrieben

Den Unfallversicherungsträgern liegen ca. 131.000 Messwerte zur Exposition gegenüber der alveolengängigen und der einatembaren Staubfraktion sowie den darin enthaltenen Metallen beim Schweißen vor. Diese wurden vorrangig von den messtechnischen Diensten der Unfallversicherungsträger durch Messungen an Arbeitsplätzen im Zeitraum 1973 bis 2021 ermittelt. Die Daten wurden vorwiegend in den Branchen Maschinenbau, Fahrzeugbau, Anlagen- und Apparatebau, Stahlbau, Schiffbau, der Automobilzulieferindustrie sowie beim Formenbau und der Formenreparatur in der Glasindustrie erhoben. Die Mehrzahl der Daten bezieht sich auf die sehr häufig zur Anwendung kommenden Verfahren Metall-Aktivgas-Schweißen (MAG), Wolfram-Inertgasschweißen (WIG), Metall-Inertgas-Schweißen (MIG) sowie Lichtbogenhandschweißen (LBH).

Die größte Datenmenge mit ca. 49.000 Messwerten entfällt auf Schweißrauchmessungen sowohl in der A- als auch in der E-Fraktion in der Atemluft von Schweißenden oder in deren Arbeitsbereichsluft. Zu Nickel und seinen Verbindungen liegen etwa 15.000 Messwerte vor, zu Chrom(VI)-Verbindungen ca. 8.800 und zu Mangan und seinen Verbindungen ca. 12.000. Im Folgenden werden nur die nicht elementbezogenen Schweißrauchmessungen ausgewertet, weil sich die Bewertung der IARC auf Schweißrauche unabhängig von ihrer Zusammensetzung bezieht.

Die hier in Auswertungen dargestellten Messwerte wurden im Rahmen des nach DIN EN ISO 9001 qualitätsgesicherten „Messsystems Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (MGU)“ branchen- und arbeitsbereichsspezifisch ermittelt (Gabriel et al. 2010) und in der IFA-Expositionsdatenbank „Messdaten zur Exposition gegenüber Gefahrstoffen am Arbeitsplatz (MEGA)“ gespeichert (Gabriel et al. 2016). Die Messungen wurden mit validierten Probenahme- und Analysenverfahren durchgeführt (Coenen 1981; Riediger 2001; Möhlmann 2006; Mattenklott u. Möhlmann 2011).

Die folgenden Tabellen zeigen massebezogene Schweißrauchkonzentrationen in der Luft an Schweißarbeitsplätzen. Anzahlbezogene Konzentrationen werden kaum gemessen, da Beurteilungsmaßstäbe in Deutschland bislang alle massebezogen sind. Aufgeführt sind jeweils die 50. und 90. Perzentile. Das 50. Perzentil zeigt, wie hoch die Exposition bei genau der Hälfte der ausgewerteten Schweißrauchmessungen ist (je die Hälfte der Messergebnisse zeigt niedrigere bzw. höhere Werte), während das 90. Perzentil die Exposition der am höchsten belasteten 10 % der Schweißenden wiedergibt. Für BK-Ermittlungen wird üblicherweise das 90. Perzentil herangezogen (DGUV 2019).

Die in **➔ Tabelle 1** dargestellten Daten zur Schweißrauchexposition in den 1990er-Jahren zeigen deutlich den expositionsmindern Einfluss einer Absaugung der Schweißrauche. Auch zeigt sich das unterschiedliche Expositionsniveau der verschiedenen Verfahren.

Schweißrauchexpositionen an der Person wurden früher nur mit Probenahmesystemen bestimmt, die die einatembare Staubfraktion (E-Staub) erfassen. Die Bewertung der Messergebnisse erfolgte anhand von Beurteilungsmaßstäben, die für die alveolengängige Staubfraktion definiert waren. Dabei wurde unterstellt, dass Schweißrauchpartikel ausschließlich als A-Staub vorliegen. Aus der wissenschaftlichen Literatur, insbesondere auch aus Laborstudien, sowie aus den Angaben von Schweißzusatzwerkstoffherstellern ist

**Tabelle 1:** Verfahrensspezifische Schweißrauchexpositionen im Zeitraum 1989 bis 1998. Probenahme an der Person oder stationär  
*Table 1: Process-specific exposure to welding fumes in the period 1989 to 1998. Personal and ambient air monitoring*

Verfahren	50. Perzentil [mg/m <sup>3</sup> ]		90. Perzentil [mg/m <sup>3</sup> ]	
	mit Rauchabsaugung	ohne Rauchabsaugung	mit Rauchabsaugung	ohne Rauchabsaugung
MAG-Schweißen	2,5	6	8	15
MAG-Schweißen (Fülldraht)	4	12	15	50
MIG-Schweißen	2	5	8	16
WIG-Schweißen	0,7	1,2	3	5
Lichtbogenhandschweißen	2,5	5	9	25

E-Fraktion: Die Daten wurden mit Messsystemen ermittelt, die die einatembare Staubfraktion (E-Staub) erfassen.

ableitbar, dass in Schweißrauchen beim Verbindungs- oder Auftragschweißen im Allgemeinen über 80 Massenprozent der Partikel so klein sind, dass sie zur A-Fraktion zu zählen sind (Hewett 1995; Moroni u. Viti 2009; Sowards 2018; Spiegel-Ciobanu 2020).

Erst seit 1990 erfolgten Schweißrauchprobenahmen dann auch in der A-Staubfraktion an der Person. So wurden in der WELDOX-Studie von 2007 bis 2011 durch gleichzeitige Probenahme mit einem Probenahmesystem Messwerte zur A- und zur E-Fraktion der Schweißrauche ermittelt. Der Anteil der alveolengängigen Partikel an der einatembaren Fraktion betrug im Mittel zwischen 50 und 60 Massenprozent (Kendzia et al. 2019; Lehnert et al. 2012). Untersuchungen von Wippich zeigen auf Basis einer größeren Datenmenge, dass der gravimetrisch gemessene, massebezogene Anteil der alveolengängigen Schweißrauchpartikel an der einatembaren Fraktion bei Expositionen zwischen 0,3 und 20 mg/m<sup>3</sup> zwischen 30 und 70 % beträgt (Wippich et al. 2019).

Auf den ersten Blick widersprechen diese Zahlen den Angaben von mindestens 80 Massenprozent A-Fraktion aus Laborstudien. Allerdings wurden in den zuletzt genannten Publikationen Daten von realen Arbeitsplätzen verwendet. Auch wenn darauf geachtet wurde, dass während der Messungen Nebenarbeiten der Schweißenden (insbesondere in Form von Schleifarbeiten) nicht oder nur marginal erfolgten, ist nicht auszuschließen, dass größere Partikel hierdurch oder auch durch Nachbarschaftsbelastungen miterfasst wurden. Eine mögliche Quelle für Partikel mit Durchmesser oberhalb der A-Fraktion können auch Spritzer sein, die im Rahmen des Schweißprozesses auftreten (Zimmer et al. 2002).

Wenn also von Messungen der E-Fraktion auf die Exposition in der A-Fraktion geschlossen werden soll, muss beachtet werden, ob es sich um Laborergebnisse oder um Messungen an realen Arbeitsplätzen handelt. Die in der Vergangenheit mit E-Staub-Probenahmesystemen an realen Arbeitsplätzen ermittelten Schweißrauchexpositionen können die Exposition in Bezug auf die A-Fraktion möglicherweise erheblich überschätzen.

Unabhängig von der Staubfraktion konnten in den Folgejahren die Schweißrauchbelastungen in der betrieblichen Praxis durch die Anwendung von effizienteren Schutzmaßnahmen (z. B. verstärkter Einsatz von verbesserter Absaugtechnik) sowie durch schweißtechnische Prozessoptimierungen tendenziell reduziert werden. Dies ist teilweise durch die in **➔ Tabelle 2** dargestellten Daten belegt. Trotz dieser Verbesserungen unterschreiten die 90. Perzentile auch in neuerer Zeit den Allgemeinen Staubgrenzwert in der A-Fraktion nur für das WIG-Schweißen. Beim Unterpulverschweißen wird der A-Staubgrenzwert nur geringfügig überschritten. Beim MAG- und MIG-

Schweißen tritt auch mit Rauchabsaugung von 1999 bis 2019 ein 90. Perzentil von 2,8 beziehungsweise 2,7 mg/m<sup>3</sup> für die A-Fraktion auf, beim Lichtbogenhandschweißen sogar von 3,1 mg/m<sup>3</sup>. In der E-Fraktion wird der Allgemeine Staubgrenzwert deutlich öfter eingehalten. Das 90. Perzentil beim Metall-Fülldrahtschweißen mit Schutzgas zeigt, dass weder in der A-Fraktion (3,15 mg/m<sup>3</sup>) noch in der E-Fraktion (17,2 mg/m<sup>3</sup>) der Grenzwert eingehalten wird. Die relativ hohen Expositionen in der E-Fraktion beim Unterpulverschweißen sind vermutlich durch die Aufbereitung beziehungsweise Abreinigung des zum Schutz des Schweißschmelzbads vor Umgebungseinflüssen verwendeten Pulvers bedingt (**➔ Tabelle 2**).

Eine 2019 im IFA durchgeführte Untersuchung zur Schweißrauchbelastung beim MAG-Schweißen lässt erkennen, dass eine Einhaltung des Allgemeinen Staubgrenzwerts in der A-Fraktion (1,25 mg/m<sup>3</sup>) möglich ist. Dies gilt, sofern moderne Absaugtechnik, die den Teilen 1, 3 und 4 der Norm ISO 21904 entspricht (DIN 2018, 2020a, 2020b), konsequent eingesetzt und mit modifizierter Prozesstechnik (z. B. Stromquellen mit modifizierter Lichtbogentechnik, vorzugsweise mit geregelten Prozessvarianten) geschweißt wird (Lehnert et al. 2022). Dieser Sachverhalt wurde in jüngster Vergangenheit vereinzelt auch in betrieblichen Arbeitsplatzmessungen bestätigt.

## 5. Erkenntnisse zum Zusammenhang zwischen Exposition und Lungenkrebskrankung

Für eine quantitative Bewertung von arbeitsbedingten Krebsrisiken ist grundsätzlich eine Auswertung der epidemiologischen Literatur erforderlich. In der internationalen Literatur sind je etwa 30 Kohorten- und Fall-Kontroll-Studien publiziert worden, die einen möglichen Zusammenhang zwischen Exposition gegenüber Schweißrauchen und Krebserkrankungen untersuchen. An dieser Stelle sollen für Schweißverfahren und Werkstoffe zusätzlich zu den deutschen auch die englischen Begriffe genannt werden, um das Verständnis der Originalliteratur zu erleichtern.

Die meisten Publikationen beschreiben Kollektive, die als schweißtechnische Verfahren Metallschutzgasschweißen/MSG („gas-shielded metal arc welding“, GMAW), Lichtbogenhandschweißen mit umhüllten Stabelektroden („manual metal arc welding“, MMA; „shielded metal arc welding“, SMAW) und Wolframertgasschweißen/WIG („tungsten inert gas welding“, TIG; „gas tungsten arc welding“, GTAW) beziehungsweise deren Kombinationen eingesetzt haben. Die in den Studien ausgewiesenen Werkstoffe umfassen fast ausschließlich Stähle, die teils unlegiert („mild steel“, MS), teils hoch-

**Tabelle 2:** Verfahrensspezifische Schweißrauchexpositionen im Zeitraum 1999 bis 2019 (sofern nicht beim Verfahren abweichend angegeben), Probenahme an der Person

Table 2: Process-specific exposure to welding fumes in the period 1999 to 2019 (unless otherwise indicated in the process). Personal and ambient air monitoring

	Anzahl Messwerte	Anzahl Betriebe	Anzahl Werte <NWG*	Höchste NWG* (mg/m <sup>3</sup> )	Konzentrationen (mg/m <sup>3</sup> )	
					50. Perzentil*	90. Perzentil*
<b>Metall-Aktivgas-Schweißen</b>	<b>A-Fraktion</b>					
Mit Rauchabsaugung	622	358	132	1,25	0,84	2,8
Ohne Rauchabsaugung	150	111	15	1,25	2,1	6,8
	<b>E-Fraktion</b>					
Mit Rauchabsaugung	1424	674	239	0,72	1,9	8,1
Ohne Rauchabsaugung	580	345	21	0,72	5,5	15
<b>Metall-Fülldrahtschweißen mit Schutzgas (2004 bis 2019)</b>	<b>A-Fraktion</b>					
	11	10	1	0,25	0,93	3,2
	<b>E-Fraktion</b>					
	45	24	7	0,71	3,6	17
<b>Metall-Inertgas-Schweißen</b>	<b>A-Fraktion</b>					
Mit Rauchabsaugung	76	43	24	1,25	0,63	2,7
Ohne Rauchabsaugung	19	15	3	1,25	1,5	2,7
	<b>E-Fraktion</b>					
Mit Rauchabsaugung	227	133	47	0,71	1,6	8,2
Ohne Rauchabsaugung	85	57	8	0,71	4,1	13
<b>Wolfram-Inertgas-Schweißen</b>	<b>A-Fraktion</b>					
Mit Rauchabsaugung	171	129	121	1,25	< NWG	0,58
Ohne Rauchabsaugung	113	94	51	1,25	0,34	0,89 +
	<b>E-Fraktion</b>					
Mit Rauchabsaugung	453	312	269	0,76	< NWG	1,2
Ohne Rauchabsaugung	363	238	169	0,81	0,36	1,6
<b>Lichtbogenhandschweißen</b>	<b>A-Fraktion</b>					
Mit Rauchabsaugung	66	55	14	1,25	0,75	3,1
	<b>E-Fraktion</b>					
Mit Rauchabsaugung	195	127	42	0,72	1,3	7,2
Ohne Rauchabsaugung	24	20	4	0,71	3,7	9,8
<b>Unterpulverschweißen</b>	<b>A-Fraktion</b>					
	31	20	3	1,25	0,64	1,3
	<b>E-Fraktion</b>					
	34	23	4	0,71	1,9	8,1
<b>Widerstandspunktschweißen (2001–2019)</b>	<b>A-Fraktion</b>					
	141	74	111	1,25	< NWG	0,6
	<b>E-Fraktion</b>					
	162	83	121	0,71	< NWG	0,81

\* Liegen Analysenergebnisse unterhalb der Nachweisgrenze des jeweiligen Messverfahrens (NWG), dann geht der Wert der halben NWG in die Statistik ein. Die NWG variiert z. B. in Abhängigkeit von der Probenahmedauer und dem Volumenstrom bei der Probenahme, daher wird in der Tabelle die höchste NWG angegeben.  
 < NWG: Über 50% der Messwerte liegen unterhalb der NWG. Deshalb wird für dieses Perzentil keine Konzentration angegeben.  
 E-Fraktion: Die Daten wurden mit Messsystemen ermittelt, die die einatembare Staubfraktion (E-Staub) erfassen.  
 A-Fraktion: Die Daten wurden mit Messsystemen ermittelt, die die alveolengängige Staubfraktion (A-Staub) erfassen.

legiert („stainless steel“, SS) waren. Nicht-Eisen-Werkstoffe sind in den Studien mit wenigen Ausnahmen, in denen auch Lötarbeiten einbezogen wurden, nicht untersucht worden.

Die in der IARC-Monographie 118 ausgewiesenen Studien weisen insgesamt eine hohe Heterogenität auf; die aufgetretenen Fallzahlen an Lungenkarzinomen sind zum Teil klein und lassen oft keine statistisch gesicherten Schlussfolgerungen zu. Etliche Studien wei-

sen allenfalls marginale Risikoerhöhungen (um etwa 10%), einige Studien dagegen keinerlei Risikoerhöhung aus. Eine nicht geringe Anzahl an Studien zeigt keine stetige Risikozunahme mit der Exposition (Konzentration, Dosis, Dauer) oder mit zunehmender Zeit seit Beginn der Exposition bis zur Erkrankung (Latenzzeit). In einigen Studien mit konsistenteren Expositions-Risiko-Beziehungen werden dagegen zum Teil Risikoerhöhungen für Lungenkarzinome von über

50% nachgewiesen, auch unter Berücksichtigung von besonders hoch beziehungsweise langjährig exponierten Schweißern, jedoch nur selten oberhalb einer Risikoverdoppelung.

Zur Ableitung einer Expositions-Risiko-Beziehung müssen verlässliche Daten zu den in den untersuchten Kollektiven nachgewiesenen Schweißrauchkonzentrationen und zur Expositionsdauer, gegebenenfalls auch im Hinblick auf Veränderungen im zeitlichen Verlauf von Follow-up-Untersuchungen, vorliegen. Derartige Informationen liegen nur bei einem Teil der Studien, oft mit nur punktuell durchgeführten Messungen, vor. Häufig werden semiquantitative Schätzungen oder expertengestützte Expositionsschätzungen vorgenommen. Bei retrospektiven Fall-Kontroll-Studien fehlen konkrete Messdaten in der Regel aus methodischen Gründen. Von daher sind derartige Studien nicht oder nur eingeschränkt für die Ableitung einer Expositions-Risiko-Beziehung verwertbar.

Im Folgenden sollen auszugswise zwei Kohortenstudien vorgestellt werden (Steenland 2002; Sørensen et al. 2007), die Kollektive über rund 40 Jahre nachverfolgt und in dieser Zeit eine hohe Anzahl an personengetragenen, ganzschichtigen Schweißrauchmessungen hinter der Schweißerschutzhülle beziehungsweise -helm durchgeführt haben. Sie bilden von daher das Expositionsgeschehen im direkten Atembereich der Beschäftigten aussagekräftig ab.

Steenland (2002) hat in einer Mortalitätsstudie Schweißer in drei Fabriken des Schwermaschinenbaus in den USA untersucht. Angaben zu den Kollektiven und zu den Schweißrauchmessungen finden sich in Steenland et al. (1991). Die untersuchten Schweißer haben ausschließlich unlegierten Stahl geschweißt, bis 1960 überwiegend mit Stabelektroden, danach zunehmend mit Schutzgas. Nach Steenland et al. (1991) lagen die Schweißrauchkonzentrationen („total particulate“) in den drei untersuchten Fabriken im geometrischen Mittel zwischen 5,5 und 7,4 mg/m<sup>3</sup>, mit Einzelwerten zwischen 0,2 mg/m<sup>3</sup> und 37,7 mg/m<sup>3</sup>. Vollständige Daten zum Rauchverhalten lagen nicht vor. Dieses wurde insgesamt als vergleichbar zu einer regionalen, firmeninternen Vergleichsgruppe beschrieben, war jedoch höher als in der US-amerikanischen Allgemeinbevölkerung. Eine begleitende Exposition gegenüber Asbest wurde ausgeschlossen. Das Lungenkrebsrisiko (standardisiertes Mortalitätsverhältnis, SMR) wurde für die Gesamt-Kohorte im Vergleich zur US-amerikanischen Allgemeinbevölkerung mit 1,46 (95 %-Konfidenzintervall [95 %-KI]: 1,20–1,76) und im Vergleich mit dem firmeninternen Vergleichskollektiv mit 1,22 (95 %-KI: 0,93–1,59) ausgewiesen. Stetige Expositions-Risiko-Beziehungen mit der Tätigkeitsdauer fanden sich nicht.

Sørensen et al. (2007) haben in einer Inzidenzstudie in 74 unterschiedlichen Betrieben (jedoch keinen Werften) Schweißende in Dänemark untersucht, die sowohl un- als auch hochlegierte Stähle mit umhüllten Stabelektroden (LBH) und mit Schutzgasverfahren (MAG und WIG) geschweißt haben. Die Nutzung von Absaugungen wurde ebenso wie Arbeiten in beengten oder engen Räumen berücksichtigt. In der Publikation werden von insgesamt 1000 Schweißrauchmessungen Ergebnisse nur beispielhaft beim Schweißen unlegierter Stähle ohne Absaugung für „semiclosed space“ im Jahr 1971 mit einem geometrischen Mittel der Schweißrauchkonzentrationen von 6,5 mg/m<sup>3</sup> und im Jahr 1985 von 5,2 mg/m<sup>3</sup> ausgewiesen. Die erfasste Staubfraktion wurde nicht genannt. Das Lungenkrebsrisiko (standardisiertes Inzidenzverhältnis, SIR) wurde unter Berücksichtigung des zeitlichen Trends der berechneten Schweißrauchdosen

für die Gesamtkohorte mit 1,35 (95 %-KI: 1,06–1,70) angegeben, für Schweißende mit ausschließlicher Bearbeitung von unlegiertem Stahl mit 1,59 (95 %-KI: 1,14–2,16), für Schweißende, die jemals hochlegierten Stahl bearbeitet hatten, mit 1,15 (95 %-KI: 0,78–1,60). Das höchste Risiko von 3,69 (95 %-KI: 1,77–6,79) wurde für die Schweißenden ermittelt, die mehr als 21 Jahre hochlegierte Stähle bearbeitet hatten. Eine ergänzende Auswertung innerhalb der Kohorte unter Adjustierung nach Alter, Rauchverhalten und einer Asbestexposition bestätigte die Aussagen zu den dargestellten Risikounterschieden der genannten Untergruppen. Die Autoren merken an, dass signifikante Risikoerhöhungen grundsätzlich nur für Schweißende nachweisbar waren, die ihre Schweißstätigkeit vor 1970 begonnen hatten.

In Fall-Kontroll-Studien werden im Durchschnitt etwas höhere Lungenkrebsrisiken als in Kohortenstudien ausgewiesen. Dies bestätigt eine neuere Metaanalyse (Honaryar et al. 2019), die eine durchschnittliche Erhöhung für das Lungenkrebsrisiko von Schweißern in Kohortenstudien mit einem gepoolten relativen Risiko (RR) von 1,29 (95 %-KI: 1,20–1,39) zeigte. Kohortenstudien, die auch für das Rauchverhalten adjustiert hatten (n=6), zeigten ein gepooltes relatives Risiko von 1,10 (95 %-KI: 1,06–1,14). In den Fall-Kontroll-Studien wurde eine Risikoerhöhung mit einer Odds-Ratio (OR) von 1,87 (95 %-KI: 1,53–2,29) ermittelt. In Studien (Fall-Kontroll- und Kohortenstudien, n=8) mit einer Adjustierung für Rauchen und eine Asbestexposition lag das Risiko bei 1,17 (95 %-KI: 1,04–1,38). Bei Schweißern, die hochlegierte Chrom-Nickel-haltige Stähle geschweißt hatten, fanden sich keine höheren Lungenkrebsrisiken als bei Schweißenden, die ausschließlich unlegierte Stähle geschweißt hatten.

Als Einzelbeispiel einer Fall-Kontroll-Studie, die zugleich in einer Teilgruppe ein ansteigendes Lungenkrebsrisiko mit zunehmender Tätigkeitsdauer als Schweißende zeigt, soll hier die Publikation von Kendzia et al. (2013) im Rahmen der multizentrischen SYNERGY-Studie genannt werden. Sie besitzt den Vorteil aussagekräftiger Daten zum Umfang der Schweißarbeiten und zum Rauchverhalten von Fällen und Kontrollen, allerdings keine Daten zu den eingesetzten Schweißverfahren. Bei regelmäßig Schweißenden, die nicht oder nur geringfügig geraucht haben (unter 10 Packungsjahren), stieg die OR für Lungenkrebs von 1,27 (95 %-KI: 0,52–3,09) bei einer Tätigkeitsdauer bis 3 Jahre stetig bis auf 3,72 (95 %-KI: 1,93–7,19) bei einer Tätigkeitsdauer von über 25 Jahren. Bei Beschäftigten mit gelegentlichen Schweißarbeiten, die nicht oder nur geringfügig geraucht hatten (unter 10 Packungsjahren), stieg die OR von 0,93 (95 %-KI: 0,58–1,49) für eine Tätigkeitsdauer bis 3 Jahren auf 1,39 (95 %-KI: 1,03–1,88) beziehungsweise 1,31 (95 %-KI: 0,94–1,81) für eine Tätigkeitsdauer von 10 bis 25 Jahren beziehungsweise über 25 Jahren.

Es wird vereinzelt diskutiert, ob die für „mild steel welders“ nachgewiesenen Erhöhungen des Lungenkrebsrisikos nicht durch Fehleinstufungen von Schweißenden mit tatsächlich stattgehabter Exposition auch gegenüber Cr (VI)- beziehungsweise Nickeloxidhaltigen Schweißrauchen zustande kommt. Grund hierfür könnten einerseits das unzureichende Erinnerungsvermögen der Testpersonen zu den teils lange zurückliegenden Tätigkeitsabschnitten sein oder andererseits entsprechende Nachbarschaftsbelastungen an den Arbeitsplätzen, die bei der Zuordnung der Schweißenden zu den „mild steel welders“ nicht berücksichtigt wurden.

Diese Möglichkeit einer Fehleinstufung von Schweißern erscheint zunächst grundsätzlich möglich, insbesondere in bevölkerungsba-

**Tabelle 3:** Fiktive Arbeitsanamnese einer schweißenden Person, die 20 Jahre lang mit hochemittierenden Schweißverfahren ohne Rauchgasabsaugung tätig war

Table 3: Fictitious work history of a welder who has spent 20 years working with high-emitting welding processes without fume extraction

Zeitraum	Art der Exposition	% der Arbeitszeit je Schicht	Expositionshöhe in der E-Fraktion [mg/m <sup>3</sup> ]	Dosis [mg/m <sup>3</sup> x Jahre]
01.01.1989 bis 31.12.1998	Betrieb A: Lichtbogenhandschweißen ohne Absaugung	25	25,0	62,5
01.01.1989 bis 31.12.1998	Betrieb A: MAG-Schweißen (Fülldraht) ohne Absaugung	25	50,0	125,0
01.01.1999 bis 31.12.2008	Betrieb B: Lichtbogenhandschweißen ohne Absaugung	25	9,8	24,5
01.01.1999 bis 31.12.2008	Betrieb B: MAG-Schweißen ohne Absaugung	25	15,0	37,5
<b>Kumulative Dosis (Schweißbrauchjahre) Summe der Schweißstunden</b>			<b>249,5 mg/m<sup>3</sup> x Jahre 19.200 Stunden</b>	

sierten Fall-Kontroll-Studien mit Interview-basierter Erhebung der Anamnese.

Die IARC stützt ihre Einschätzung auch auf die Ergebnisse mechanistischer, toxikologischer Untersuchungen und von Tierversuchen, die zum Teil entsprechende Pathomechanismen beziehungsweise Lungenkarzinome auch durch „mild steel“-Schweißrauche aufzeigen (Badding et al. 2014; Dierschke et al. 2017; Falcone et al. 2018; IARC 2018; Leonard et al. 2010; Zeidler-Erdely et al. 2012).

Zusammenfassend erscheint uns eine partielle Fehleinstufung von Schweißenden im Hinblick auf das Fehlen jeglicher Cr (VI)- beziehungsweise Nickeloxidexpositionen unter „mild steel welders“ zwar möglich, in Synopsis aller Aspekte halten wir eine ausschließlich durch Cr(VI)- und Nickeloxid-Expositionen bedingte Verursachung der Erhöhung des Lungenkrebsrisikos bei „mild steel welders“ jedoch nicht für belegbar.

## 6. Einzelfallbetrachtung der Schweißrauchexposition im BK-Verfahren

BK-Ermittlungen erfordern neben Aussagen zur Expositionsdauer auch Angaben zur Expositionshöhe. Sofern hierzu keine Daten aus dem betreffenden Betrieb vorliegen, erfolgen Expositionsabschätzungen üblicherweise auf der Grundlage des 90. Perzentils von Daten vergleichbarer Arbeitsplätze (DGUV 2019), zum Beispiel aus der Expositionsdatenbank MEGA. Beim Schweißen gibt es, wie bereits ausgeführt, eine hohe Anzahl an expositionsbestimmenden Faktoren. Eine differenzierte Aussage über die Expositionshöhe von Schweißenden ist dadurch erschwert, dass diese Faktoren in der Vergangenheit nicht in dem Umfang dokumentiert wurden, wie es wissenschaftliche Erkenntnisse erfordern. Auch wenn nicht alle expositionsbestimmenden Faktoren dokumentiert sind, lassen sich durch die Verwendung des 90. Perzentils Expositionshöhen verfahrensbezogen abbilden.

Auf jeden Fall ist für die Ermittlung der Expositionshöhe die Erhebung einer detaillierten Arbeitsanamnese erforderlich. Diese umfasst neben den Expositionszeiträumen auch Zeitanteile der jeweiligen Tätigkeiten sowie insbesondere Angaben zu den angewandten Arbeitstechniken (z. B. Schweißverfahren, verwendete Grund- und

Zusatzwerkstoffe) und zu den eingesetzten Schutzmaßnahmen (z. B. Umfang und Wirksamkeit von Absaugungen, räumliche Trennung von anderen Emissionsquellen, Verwendung von persönlicher Schutzausrüstung [PSA] wie z. B. fremdbelüftete Helme). Dies wird im Folgenden an zwei fiktiven Beispielen erläutert.

Dabei wird für das eine Beispiel angenommen, dass die schweißende Person hochemittierende Schweißverfahren angewendet hat und keine Schweißrauchabsaugung vorlag. Für das zweite Beispiel wurden niedrigemittierende Verfahren entsprechend der Einteilung in der TRGS 528 (AGS 2020) gewählt und es wurde der Einsatz einer Schweißrauchabsaugung angenommen. In beiden Fällen wird von einer 20-jährigen Schweißertätigkeit und einem Schweißanteil von ca. 50 % der Arbeitszeit ausgegangen. In der verbleibenden Arbeitszeit werden verschiedene vor- und nachbereitende Arbeiten durchgeführt, wie zum Beispiel Richt- und Rüstarbeiten, Nahtvorbereitung, Schleifen oder Montage. Außerdem fallen weitere Nebentätigkeiten an, wie Elektrodentausch und Materialtransport. Daher wird für die Berechnung der kumulativen Dosis von einer täglichen Schweißarbeitszeit von 4 Stunden bei 240 Arbeitstagen pro Jahr ausgegangen.

Unter Verwendung der in Tabelle 1 und 2 genannten Schweißrauchexpositionen ergibt sich für die hoch belastete Person eine kumulative Dosis von 250 mg/m<sup>3</sup> \* Jahre (→ **Tabelle 3**). Für die niedrig belastete Person ergibt sich eine kumulative Dosis von 20 mg/m<sup>3</sup> \* Jahre (→ **Tabelle 4**). Für beide beträgt die Summe der Schweißstunden 19.200.

Die Beispiele zeigen, dass neben der Expositionsdauer auch die angewendeten Verfahren und weitere Arbeitsbedingungen, wie beispielsweise die Verwendung einer Rauchabsaugung, einen erheblichen Einfluss auf die Schweißrauchdosis haben. Obwohl beide Personen 19.200 Stunden exponiert waren, unterscheidet sich die kumulative Dosis um den Faktor 12. In BK-Verfahren ist deshalb eine differenzierende Ermittlung der Expositionsgegebenheiten im Rahmen der Erhebung der Arbeitsanamnese erforderlich. Neben der Dauer sind auch Beschreibungen von Expositionshöhen bei der Bewertung der Schweißrauchexposition zur Klärung einer möglichen beruflichen Verursachung einer Lungenkrebserkrankung zu berücksichtigen.

Nicht eingegangen wurde hier auf die Ermittlung von Chrom- und Nickeljahren bei einer BK-Ermittlung im Zusammenhang mit

**Tabelle 4:** Fiktive Arbeitsanamnese einer schweißenden Person, die 20 Jahre lang mit niedrig-emittierenden Schweißverfahren, weitgehend mit Rauchgasabsaugung, tätig war  
*Table 4: Fictitious work history of a welder who has spent 20 years working with low-emitting welding processes, largely with fume extraction*

Zeitraum	Art der Exposition	% der Arbeitszeit je Schicht	Expositionshöhe in der E-Fraktion [mg/m <sup>3</sup> ]	Dosis [mg/m <sup>3</sup> x Jahre]
01.01.1989 bis 31.12.1998	Betrieb A: WIG-Schweißen mit Absaugung	50	3,0	15,0
01.01.1999 bis 31.12.2008	Betrieb B: WIG-Schweißen mit Absaugung	25	1,2	3,0
01.01.1999 bis 31.12.2008	Betrieb B: Widerstandspunkt-Schweißen mit und ohne Absaugung	25	0,8	2,0
<b>Kumulative Dosis (Schweißrauchjahre) Summe der Schweißstunden</b>		<b>20,0 mg/m<sup>3</sup> x Jahre 19.200 Stunden</b>		

den BKen 1103 und 4109. Dies würde den Rahmen des vorliegenden Diskussionsbeitrags zum einen sprengen. Zum anderen ist hierzu ein gesonderter Beitrag vorgesehen (Zschiesche et al., in Vorbereitung).

## 7. Zusammenfassung und Bewertung

### Expositions- und Risikoabschätzungen

Die in den Tabellen 1 und 2 wiedergegebene Datenlage zeigt, dass beim Schweißen Arbeitsplatzgrenzwerte häufig überschritten sind. Diese Aussage gilt sowohl für in der Vergangenheit als auch für derzeit ausgeführte Schweißarbeiten. In vielen Fällen konnte der in den 1990er-Jahren geltende Feinstaubgrenzwert in Höhe von 6 mg/m<sup>3</sup> nicht eingehalten werden. Die Verbesserung von Schutzmaßnahmen (z. B. effizientere Absaugtechnik) hat zwar zu einer Verringerung der Schweißrauchbelastung beigetragen, eine Einhaltung des inzwischen auf 1,25 mg/m<sup>3</sup> abgesenkten Allgemeinen Staubgrenzwerts für die A-Fraktion ist jedoch selbst unter Anwendung verbesserter Schutzmaßnahmen nicht immer gegeben. Dies wird auf internationaler Ebene durch die im zeitlichen Verlauf in der Studie von Sörensen et al. (2007) in Kap. 5 dokumentierten Messwerte bestätigt. Schweißende gehören somit nach wie vor zu den hochexponierten Berufsgruppen.

Die in Kap. 3 und 4 dargestellten Hintergründe und Daten zu schweißtechnischen Verfahren und den hieraus resultierenden Expositionen in Deutschland machen deutlich, dass die bearbeiteten Werkstoffe, die Schweißverfahren, die schweißtechnischen Parameter sowie das Vorliegen einer wirksamen Schweißrauchabsaugung die Schweißrauchexpositionen sowohl qualitativ als auch quantitativ erheblich beeinflussen. Alle diese Faktoren können Einfluss auf eine potenzielle kanzerogene Wirkung der Schweißrauche haben, ebenso wie zusätzliche Expositionen gegenüber Gasen wie Ozon und Stickstoffoxide, die bei verschiedenen Verfahren und Werkstoffen in unterschiedlicher Quantität auftreten können. Aus diesen Gründen ist bisher weder in Deutschland noch in der EU ein gesonderter Beurteilungsmaßstab für Schweißrauche unter Präventionsgesichtspunkten abgeleitet worden. Darüber hinaus beeinflusst auch die Position des Atembereichs relativ zur Schweißrauchfahne die individuelle Schweißrauchexposition erheblich bis zu einem Faktor von 4 (Lehnert et al. 2012; Spiegel-Ciobanu 2020).

Erkennbar ist ein zeitlicher Trend der nachgewiesenen Schweißrauchkonzentrationen in Abhängigkeit von den verbesserten Schutz-

maßnahmen. Beeinflusst wird die inhalative Belastung auch durch die Dauer der Schweißrauchexposition je Schicht und über die gesamte Zeit des Arbeitslebens, ebenso durch mögliche Nachbarschaftsbelastungen in Abhängigkeit von der konkreten Arbeitssituation und den Lüftungsverhältnissen. Dies erklärt auch die in Kap. 5 zitierte große Streubreite der Messwerte von Steenland (2002) und Steenland et al. (1991), die aus nur drei Betrieben einer einzigen Branche stammen.

Detailinformationen zu den die Schweißrauchkonzentration an den einzelnen Arbeitsplätzen bestimmenden Determinanten können naturgemäß in epidemiologischen

Studien zur Frage des Lungenkrebsrisikos nicht oder nur zusammenfassend beschrieben und in die Auswertung einbezogen werden. Von daher spiegelt die große Bandbreite der in Kap. 5 zusammenfassend dargestellten Risikoschätzungen in verschiedenen Studien die hier genannten heterogenen Einflussfaktoren und Unwägbarkeiten wider.

Im Rahmen von BK-Verfahren ist es daher unerlässlich, zur Ermittlung der Expositionshöhe eine detaillierte Arbeitsanamnese zu erheben, die sowohl den zeitlichen Umfang der unterschiedlichen Tätigkeiten als auch die Ausprägung der wichtigsten Determinanten für die Expositionshöhe im Einzelfall dokumentiert.

### Risikobewertung

Für die Bewertung der von der IARC berücksichtigten Daten ist bedeutsam, dass aussagekräftige Studien nur für Stahl-Schweißende vorliegen, die im wesentlichen Lichtbogenverfahren (Lichtbogenhandschweißen, Schutzgasschweißen) eingesetzt haben, die zu vergleichsweise hohen Emissionen und Schweißrauchkonzentrationen an den Arbeitsplätzen führen. Auch die toxikologisch-mechanistischen Studien, die eine kanzerogene Wirkung von Schweißrauchen erhärten, wurden mit Schweißrauchen aus der Stahlbearbeitung durchgeführt.

Häufig orientieren sich BK-Anerkennungskriterien an dem Prinzip „Verdoppelungsrisiko“, das heißt, Anerkennungskriterien werden so definiert, dass für berufsbedingt Exponierte im Vergleich zur nicht exponierten Allgemeinbevölkerung ein ungefähr um den Faktor 2 erhöhtes Erkrankungsrisiko besteht.

Insgesamt ist zwar unstrittig, dass in den meisten Studien eine zumeist leichte Erhöhung des Lungenkrebsrisikos für Schweißende beschrieben wird; eine konsistent zu sichernde Expositions-Risiko-Beziehung lässt sich in Synopsis der Datenlage jedoch nicht ableiten. Adjustierungen für bekannte potenzielle Confounder (Rauchen, Asbest) verringern das Risiko oft deutlich; die nachgewiesenen Risikorerhöhungen sind in der Mehrzahl der Studien mit durchschnittlich etwa 10–30 % eher gering. Auch unter hohen Expositionen, wie sie die beiden in Kap. 5 dargestellten Kohortenstudien ausweisen, liegen die Risikoerhöhungen im Durchschnitt nicht über 50 %; höhere Risiken finden sich allerdings zum Teil in Untergruppen von Kohorten- oder in Fall-Kontroll-Studien, insbesondere nach langer Expositionsdauer (vgl. auch Pesch et al. 2019).

## 8. Fazit

Bei der derzeitigen wissenschaftlichen Datenlage bietet sich für die Beurteilung des Kausalzusammenhangs eines Lungenkarzinoms mit der Schweißrauchexposition folgende Herangehensweise an:

- Vorrangige Prüfung, ob die Anerkennungskriterien für einzelne, bereits bisher als kanzerogen eingestufte Schweißrauchkomponenten gegeben sind. Dies gilt insbesondere für die BK-Nummern 1103 (Chrom oder seine Verbindungen), 4109 (Lungenkrebs durch Nickel oder seine Verbindungen), in seltenen Fällen auch 1104 (Cadmium oder seine Verbindungen) bzw. 2402 (Erkrankungen durch ionisierende Strahlen; bei Verwendung thoriierter Wolframelektroden beim WIG-Schweißen).
- Erst wenn ein derartiger BK-Tatbestand nicht greifen sollte, wäre in einem weiteren Schritt zu prüfen, ob im konkreten Einzelfall anhand neuer Erkenntnisse eine „Quasi“-BK entsprechend § 9 Abs. 2 SGB VII zum Tragen kommen könnte. Aufgrund der Studienlage wird eine Eingrenzung auf Schweißverfahren an Stählen empfohlen. Insbesondere sind die Dauer und die Expositionshöhen der jeweiligen Schweiß Tätigkeiten zu berücksichtigen. Die Schwierigkeiten einer entsprechenden Risikoabschätzung sind in diesem Beitrag ausführlich dargestellt. Von Bedeutung wird sein, ob der Ärztliche Sachverständigenbeirat (ÄSVB) „Berufskrankheiten“ dem Ordnungsgeber die Aufnahme eines derartigen Tatbestands in die BK-Liste empfehlen wird und ob hierfür gegebenenfalls konkretisierende Ausführungen gemacht werden.

**Interessenkonflikt:** Das Autorenteam gibt an, dass keine Interessenkonflikte vorliegen.

## Literatur

- AGS – Technische Regeln für Gefahrstoffe: Schweißtechnische Arbeiten. TRGS 528, GMBI 2020 (12-13): 236-276 (v. 30.03.20); berichtigt: GMBI 2020 (19): 370 (v. 5.6.20).
- Badding MA, Fix NR, Antonini JM, Leonard SS: A comparison of cytotoxicity and oxidative stress from welding fumes generated with a new nickel-, copper-based consumable versus mild and stainless steel-based welding in RAW 264.7 mouse macrophages. *Plos One* 2014; 9: e101310.
- Böcking R: Kooperationsrahmen zur Minderung der Schweißrauchexposition bei MIG-/MAG-Verfahren durch die praxisgerechte Umsetzung der TRGS 528. Vortrag auf dem „A. Kolloquium Schweißrauche“ der BGHM, 23.11.2021.
- Coenen W: Beschreibung der Erfassungs- und Durchgangsfunktion von Partikeln bei der Atmung – messtechnische Realisierung. *Staub – Reinhaltung der Luft* 1981; 41: 472–479.
- DGUV: Ermittlung und Bewertung der Einwirkung im Berufskrankheitenverfahren. Berlin: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), 2019.
- Dierschke K, Isaxon C, Andersson K et al.: Acute respiratory effects and biomarkers of inflammation due to welding-derived nanoparticle aggregates. *Int Arch Occup Environ Health* 2017; 90: 451–463.
- DIN – Deutsches Institut für Normung: DIN EN ISO 21904-3: Arbeits- und Gesundheitsschutz beim Schweißen und bei verwandten Verfahren – Einrichtungen zum Erfassen und Abscheiden von Schweißrauch – Teil 3: Bestimmung des Erfassungsgrades von brennerintegrierten Absaugeinrichtungen für Schweißrauch. 2018. Berlin: Beuth.
- DIN – Deutsches Institut für Normung: DIN EN ISO 21904-1: Arbeits- und Gesundheitsschutz beim Schweißen und bei verwandten Verfahren – Einrichtungen zum Erfassen und Abscheiden von Schweißrauch – Teil 1: Allgemeine Anforderungen. 2020a. Berlin: Beuth.
- DIN – Deutsches Institut für Normung: DIN EN ISO 21904-4: Arbeits- und Gesundheitsschutz beim Schweißen und bei verwandten Verfahren – Einrichtungen zum Erfassen und Abscheiden von Schweißrauch – Teil 4: Bestimmen des Mindestluftvolumenstromes von Absaugeinrichtungen. 2020b. Berlin: Beuth.
- Falcone LM, Erdely A, Kodali V et al.: Inhalation of iron-abundant gas metal arc welding-mild steel fume promotes lung tumors in mice. *Toxicology* 2018; 409: 24–32.
- Floros N: Welding fume main compounds and structure. *Welding in the World* 2018; 62: 311–316.
- Gabriel S, Koppisch D, Range D: The MGU – a monitoring system for the collection and documentation of valid workplace exposure data. *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft* 2010; 70: 43–49.
- Gabriel S, Van Gelder R, Stamm R, Koppisch D, Arnone M, Koch U: Drei Millionen Datensätze in der Expositionsdatenbank MEGA. *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft* 2016; 76: 422–424.
- Hewett P: The particle size distribution, density, and specific surface area of welding fumes from SMAW and GMAW mild and stainless steel consumables. *Am Ind Hyg Assoc J* 1995; 56: 128–135.
- Honaryar MK, Lunn RM, Luce D et al.: Welding fumes and lung cancer: a meta-analysis of case-control and cohort studies. *Occup Environ Med* 2019; 76: 422–431.
- IARC – International Agency for Research on Cancer: IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Volume 118: Welding, molybdenum trioxide, and indium tin oxide. Lyon (FR): International Agency for Research on Cancer, 2018.
- Kendzia B, Behrens T, Jöckel K-H et al.: Welding and lung cancer in a pooled analysis of case-control studies. *Am J Epidemiol* 2013; 178: 1513–1525.
- Kendzia B, Koppisch D, Van Gelder R, Gabriel S, Zschiesche W, Behrens T, Brüning T, Pesch B: Modelling of exposure to respirable and inhalable welding fumes at German workplaces. *J Occup Environ Hyg* 2019; 16: 400–409.
- Lehnert M, Goebel A, Zschiesche W, Kendzia B, Pelzer J, Taeger D, Brüning T, Behrens T: How to reduce the exposure of welders to an acceptable level: results of the InterWeld study. *Ann Work Expo Health* 2022; 66: 192–202.
- Lehnert M, Pesch B, Lotz A et al.: Exposure to Inhalable, respirable, and ultrafine particles in welding fume. *Ann Occup Hyg* 2012; 56: 557–567.
- Leonard SS, Chen BT, Stone SG, Schwegler-Berry D, Kenyon AJ, Frazer D, Antonini JM: Comparison of stainless and mild steel welding fumes in generation of reactive oxygen species. *Particle Fibre Toxicology* 2010; 7: 32–45.
- Mattenklot M, Möhlmann C: Probenahme und analytische Bestimmung von granulären biobeständigen Stäuben (GBS). *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft* 2011; 71: 425–428.
- Möhlmann C: Simultane personenbezogene Probenahme der E- und A-Fractionen in Schweißrauchen. IFA-Arbeitsmappe 2006. <http://www.ifa-arbeitsmappedigital.de/3025> (zuletzt abgerufen am 26.01.22).
- Moos W: Hochschule Bochum, FB Wirtschaft, FG Quantitative Methoden der Wirtschaftswissenschaften. Persönliche Mitteilung, 2022.
- Moos W, Vogt CJ: Gesamtwirtschaftliche und sektorale Wertschöpfung aus der Produktion und Anwendung von Füge- und Schweißtechniken in Deutschland, ausgewählten Ländern Europas sowie der EU insgesamt. Kurzfassung des Gutachtens 2021 im Auftrag des DVS. <https://www.dvs-home.de/themen-neuigkeiten/neuigkeiten/detail/dvs-veroeffentlicht-wirtschaftszahlen> (zuletzt abgerufen am 26.01.22).
- Moroni B, Viti C: Grain size, chemistry, and structure of fine and ultrafine particles in stainless steel welding fumes. *Aerosol Science* 2009; 40: 938–949.
- Pesch B, Kendzia B, Pohlabein H, Ahrens W, Wichmann H-E, Siemiatycki J, Taeger D, Zschiesche W, Behrens T, Jöckel K-H, Brüning T: Exposure to welding fumes, hexavalent chromium, or nickel and risk of lung cancer. *Am J Epidemiol* 2019; 188: 1984–1993.
- Riediger G: Geräte zur Probenahme der einatembaren Staubfraktion (E-Staub). IFA-Arbeitsmappe 2001. [https://www.ifa-arbeitsmappedigital.de/IFA-AM\\_3010](https://www.ifa-arbeitsmappedigital.de/IFA-AM_3010) (zuletzt abgerufen am 26.01.22).
- Sörensen AR, Thulstrup AM, Hansen J, Ramlau-Hansen CH, Meersohn A, Skytthe A, Bonde JP: Risk of lung cancer according to mild steel and stainless steel welding. *Scand J Work Environ Health* 2007; 33: 379–386.
- Sowards JW: Method for sampling and characterizing arc welding fume particles. International Institute of Welding (IIW) 2018, Document No VIII-2018-06.
- Spiegel-Ciobanu VE: Schadstoffe beim Schweißen und bei verwandten Verfahren – Expositionen, Gefährdungen und Schutzmaßnahmenkonzept. 2020; Düsseldorf: DVS Media.
- Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Erwerbstätige nach der Klassifikation der Berufe 2010 (KldB2010), Berufsgruppen (3-Steller). Sonderauswertung des Mikrozensus. Wiesbaden, 2019.
- Steenland K: Ten-year update on mortality among mild-steel welders. *Scand J Work Environ Health* 2002; 28: 163–167.
- Steenland K, Beaumont J, Elliot L: Lung cancer in mild steel welders. *Am J Epidemiol* 1991; 133: 220–229.
- Wippich C, Koppisch D, Breuer D: Möglichkeit zur Umrechnung der Konzentration von einatembarem in alveolengängigen Staub. *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft* 2019; 79: 303–311.
- Zeidler-Erdely PC, Erdely A, Antonini JM: Immunotoxicology of arc welding fume: worker and experimental animal studies. *J Immunotoxicol* 2012; 9: 411–425.
- Zimmer AT, Baron PA, Biswas P: The influence of operating parameters on number-weighted aerosol size distribution generated from a gas metal arc welding process. *Aerosol Science* 2002; 33: 519–531.

## Kontakt

### Dr. rer. nat. Dorothea Koppisch

Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA)  
Alte Heerstraße 111, 53757 Sankt Augustin.  
dorothea.koppisch@dguv.de

### Priv.-Doz. Dr. med. Wolfgang Zschiesche

Institut für Prävention und Arbeitsmedizin der DGUV (IPA)  
Bürkle-de-la-Camp-Platz 1, 44789 Bochum.  
wolfgang.zschiesche@dguv.de

ASU Webinar

# MUTTERSCHUTZ

am 26. April 2023, 17:00 bis 19:00 Uhr

**Über diese Themen informieren und diskutieren unsere Fachreferent\*innen**

## **Gefühletes und tatsächliches Risiko für Schwangere und Kind durch Infektionserreger am Arbeitsplatz**

*Prof. Dr. Susanne Modrow, Professorin für Virologie und Genetik, Institut für Medizinische Mikrobiologie und Hygiene, Universität Regensburg*

## **Betrieblicher Mutterschutz ohne Diskriminierung – ein Überblick über die aktuelle Rechtslage**

*Prof. Dr. jur. Katja Nebe, Professur für Bürgerliches Recht, Arbeitsrecht und Recht der Sozialen Sicherheit, Juristische und Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg*

## **Umsetzung von Mutterschutz im Betrieb: Möglichkeiten und Grenzen**

*Dr. med. Uta Ochmann, Fachärztin für Arbeitsmedizin, Oberärztin, Ambulanzleitung, Leitung der Stabsstelle BÄD LMU Klinikum München, Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin*

**Wissenschaftliche Leitung:** Dr. med. Uta Ochmann, Fachärztin für Arbeitsmedizin, Oberärztin, Ambulanzleitung, Leitung der Stabsstelle BÄD LMU Klinikum München, Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin

**Preis:** 40 € für Abonent\*innen der ASU sowie für Mitglieder der DGAUM.  
Alle anderen Teilnehmer\*innen zahlen den regulären Preis von 80 €.

**CME Punkte sind beantragt.**



Hier geht's zur Anmeldung:  
[www.asu-arbeitsmedizin.com/webinare](http://www.asu-arbeitsmedizin.com/webinare)

**DGAUM**  
DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR  
ARBEITSMEDIZIN UND UMWELTMEDIZIN

Arbeitsmedizin | Sozialmedizin | Umweltmedizin  
**ASU**  
Zeitschrift für medizinische Prävention