

# WELDOX – Metallbelastungen beim Schweißen und deren gesundheitliche Auswirkungen

Interdisziplinäres Projekt zur Aufstellung gesundheitsbasierter Grenzwerte für krebserzeugende Metalle



Beate Pesch, Martin Lehnert, Tobias Weiß, Arno Goebel, Rainer Van Gelder, Helmut Blome, Thomas Brüning

Die WELDOX-Studie ist eine der umfangreichsten Schweißstudien, in der eine Vielzahl von Expositionsdaten und biologischen Messgrößen erhoben wurde. Hier wurden 243 Schweißer aus 23 Betrieben mit Unterstützung der „Berufsgenossenschaft Holz und Metall“ (BGHM) und der „Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse“ (BG ETEM) rekrutiert. Dabei erfolgten in Zusammenarbeit mit den Berufsgenossenschaften und dem Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA) personengetragene Messungen im Atembereich der Schweißer – auch innerhalb von Gebläsehelmen – während einer Arbeitsschicht.

Schweißen ist ein verbreitetes und kaum zu ersetzendes Verfahren in der industriellen und handwerklichen Verarbeitung von Metallen. Beim Schweißen wird der Werkstoff an der Verbindungsstelle durch hohe Temperaturen zum Schmelzen gebracht. Den dabei entstehenden Emissionen, einem Gemisch aus Gasen und Partikeln, ist regelmäßig eine große Zahl von Beschäftigten ausgesetzt. Die Höhe der Exposition gegenüber Schweißrauch und den darin enthaltenen Metallen wie Chrom, Nickel, Mangan und Eisen ist von einer Vielzahl unterschiedlicher Faktoren wie dem angewandten Verfahren, den verarbeiteten Werkstoffen und Lüftungstechnischen Maßnahmen abhängig (Spiegel-Ciobanu, 2005). Neben einer Exposition der Atemwege werden auch systemische Belastungen des Eisenhaushalts und neurologische Wirkungen durch Mangan diskutiert (Park, 2009).

Durch die Novellierung der Gefahrstoffverordnung im Jahr 2005 wurden die bisherigen Grenzwerte (Technische Richtkonzentrationen, TRK) für Expositionen gegenüber krebserzeugenden Gefahrstoffen wie Chrom(VI)- und Nickelverbindungen am Arbeitsplatz außer Kraft gesetzt. Stattdessen sollen neue gesundheitsbasierte Grenzwerte auf der Basis von wissenschaftlichen Untersuchungen beim Menschen aufgestellt werden.

Um einen solchen Beitrag zur Bewertung des gesundheitlichen Risikos für Schweißer zu leisten, wurden in WELDOX, einer der bislang umfangreichsten Querschnittstudien, zahlreiche gesundheitliche Effekte von Expositionen, wie sie bei den unterschiedlichen Schweißverfahren auftreten, untersucht. Dabei sollte branchenspezifisch die Bewertung der Exposition gegenüber Schweißrauch und den darin enthaltenen Metallen vorgenommen und beeinflussende Faktoren ermittelt beziehungsweise charakterisiert werden. Weiterhin sollten die innere Exposition bewertet und die Wirksamkeit von Atemschutzmaßnahmen untersucht werden. Schließlich wurden in humanem Probenmaterial Biomarker aus dem Bereich der Atemwege untersucht, die entzündliche Prozesse erkennen lassen und mögliche genotoxische Schäden am Erbgut aufzeigen. Grundvoraussetzung der WELDOX-Studie war eine umfangreiche Ermittlung der Exposition unter Feldbedingungen. Im Folgenden werden daher zuerst die Expositionen gegenüber Schweißrauch, Chrom, Nickel und Mangan näher analysiert.

## Probanden und Betriebe

Insgesamt wurden 243 Schweißer aus 23 Betrieben unterschiedlicher Branchen mit Unterstützung der BG Holz und Metall sowie

der BG Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse (BG ETEM) in den Jahren 2007 bis 2009 untersucht. Um Dosis-Wirkungsbeziehungen untersuchen zu können, war es notwendig, eine große Bandbreite der Exposition zu analysieren. Es wurden deshalb auch Schweißer rekrutiert, bei denen aus verschiedenen Gründen mit erheblichen Chrom- und Nickerexpositionen zu rechnen war. Gleichwohl war das rekrutierte Kollektiv breit aufgestellt und gut geeignet, unter realen Feldbedingungen Faktoren abzuschätzen, die die Exposition beeinflussen können.

Bei den untersuchten Schweißverfahren handelte es sich um gängige Techniken (Tabelle 1): Beim Metallschutzgasschweißen (MSG) wurde von 97 Schweißern Massivdraht verarbeitet. Weitere 47 Schweißer verarbeiteten Fülldraht als Schweißzusatz. Dieser enthält im Innern Flussmittel und Schlackebildner als zusätzlichen Oxidationsschutz für die Metallschmelze. Wolfram-Inertgasschweißen (WIG) wurde von 66 Probanden angewandt und Lichtbogenhandschweißen von weiteren 20 Probanden. Die übrigen 13 Schweißer wechselten das Verfahren während der Beprobung, so dass keine eindeutige Zuordnung möglich war.

Die Exposition gegenüber Metallen wird überwiegend von der Zusammensetzung des Schweißzusatzwerkstoffes (Schweißdraht / Elektrode) bestimmt. Daher war dessen Legierung maßgeblich für die Zuordnung zu einer Werkstoffkategorie. War außer Eisen kein anderes Metall mit einem Anteil von mehr als 5 Prozent im Zusatzwerkstoff enthalten, wurde der Werkstoff als „niedriglegiert“ klassifiziert. Entsprechend wurden Zusatzwerkstoffe mit einem hohen

### Klassifikation von Schweißrauch und der darin enthaltenen Metallverbindungen

Die International Agency for Research on Cancer hat Schweißrauch als „possibly carcinogenic to humans“ in Gruppe 2B eingestuft. Eine berufliche Exposition gegenüber Chrom(VI) und gegenüber Nickelverbindungen wurde als krebserzeugend beim Menschen in Gruppe 1 eingestuft, basierend auf einer erhöhten Lungenkrebssterblichkeit bei der Chromaterzeugung und der Nickelraffination. Metallisches Chrom und Chrom(III) wurden als nicht klassifizierbar in Gruppe 3 eingestuft. Metallisches Nickel und Nickellegierungen sind in Gruppe 2B eingestuft.

Die Deutsche Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe (MAK-Kommission) hat Chrom(VI)-Verbindungen mit Ausnahme von Barium- und Bleichromat in Kategorie 1 der krebserzeugenden Arbeitsstoffe eingestuft. Metallisches Nickel und Nickelverbindungen ebenso wie Nickellegierungen, sofern sie bioverfügbares Nickel enthalten, wurden in Kategorie 1 eingestuft.

Schweißverfahren	Elektrode	Werkstofflegierung			gesamt
		niedrig	hoch	diverse	
Metallschutzgas	Massivdraht	49	43	5	97
	Fülldraht	32	15	–	47
Wolfram-Inertgas		2	60	4	66
Lichtbogenhand	Stab	1	19	–	20
diverse		–	12	1	13
Summe		84	149	10	243

Tabelle 1: Schweißverfahren und Werkstoffe am Tag der Probenahme für WELDOX

Chrom- oder Nickelgehalt von jeweils mehr als fünf Prozent der Kategorie „hochlegiert“ zugeordnet.

Eine umfangreiche Dokumentation der Arbeitsplätze, auch unter Verwendung von Fotos, sowie die Befragung der Probanden bildeten die Grundlage für die Beurteilung weiterer Einflussfaktoren wie der Einsatz einer Schweißrauchabsaugung am Arbeitsplatz, die Größe des Arbeitsraums oder die eingesetzte Schutzausrüstung (vgl. Zober, 2003).

### Schweißrauchmessungen

Die Schweißrauchmessungen erfolgten personenbezogen, wobei erstmalig in einem solchen Umfang parallel jeweils die einatembaren (E-Staub) und alveolengängigen Partikelkonzentrationen (A-Staub) bestimmt wurden (vgl. Hobson 2011). Hierfür setzten die messtechnischen Dienste der Berufsgenossenschaften an jedem Probanden zwei Probenahmesysteme ein (GSP und PGP-EA). Messungen und Arbeitsplatzdokumentation erfolgten nach einem studienspezifischen Protokoll auf Grundlage des Berufsgenossenschaftlichen Messsystems Gefahrstoffe – BGMG (jetzt: Messsystem Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger – MGU; Gabriel 2006, 2010). Die Sammler waren im Atembereich der Schweißer und nach Möglichkeit unter dem Schweißerschirm platziert. Die Messdauer betrug im Durchschnitt 3,5 Stunden. Zwei Messungen wurden wegen einer zu kurzen Messdauer von der weiteren Analyse ausgeschlossen. Die Analyse der Probenträger erfolgte im Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA). Während die Masse des alveolengängigen und des einatembaren Schweißrauchs durch Wägung bestimmt wurde, erfolgte die Quantifizierung der Metallbestandteile spektrometrisch (Hahn 2005, Hebisch 2005).

Die gemessenen Schweißrauchkonzentrationen lassen das breite Spektrum der Expositionen im WELDOX-Kollektiv erkennen (Tabelle 2). Unter Arbeitsbedingungen mit geringer Exposition erreichte bei zahlreichen Messungen die Belegung der Probenträger nicht die analytische Nachweisgrenze. Am anderen Ende des Spektrums lagen bei emissionsstarken Verfahren die Schweißrauchkonzentrationen oberhalb der Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW). Die Mediane der Schweißrauchkonzentrationen betragen 2,18 mg/m<sup>3</sup> für die E-

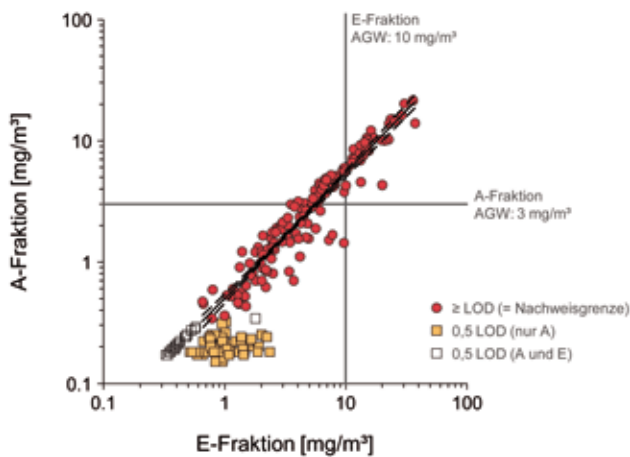


Abbildung 1: Assoziation der Konzentrationen der A- und E-Fraktion des Schweißrauchs auf Probenträgern des Typs 575 (PGP-EA)

Fraktion und  $0,97 \text{ mg/m}^3$  für die A-Fraktion. Abbildung 1 zeigt eine enge Korrelation der Massenkonzentrationen von beiden Partikelfraktionen im messbaren Bereich. Der Anteil der alveolengängigen Partikel an der einatembaren Fraktion betrug im Mittel zwischen 50 und 60 Prozent.

Beim Vergleich der eingesetzten Schweißverfahren zeigte sich, dass die Mehrzahl der Schweißrauchmessungen beim Wolfram-Inertgas-Schweißen unterhalb der Nachweisgrenze für die alveolengängige

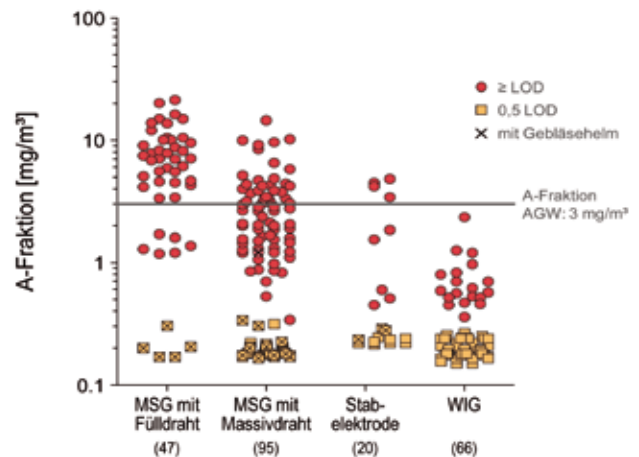


Abbildung 2: Alveolengängiger Schweißrauch (A) nach Schweißverfahren und Nutzung von Gebläsehelmen (Arbeitsplatzgrenzwert  $3 \text{ mg/m}^3$ )

Fraktion lag (Abbildung 2). Auch die höchste Exposition lag hier noch unterhalb des AGW.

MSG-Schweißen mit Fülldraht war dagegen mit hohen Massekonzentrationen verbunden (A-Fraktion: Median  $6,87 \text{ mg/m}^3$ ). Mehr als zwei Drittel aller Messungen lagen über dem AGW ( $3 \text{ mg/m}^3$ ). Bei der Verarbeitung von Massivdraht lag der Median bei  $1,64 \text{ mg/m}^3$ . Hier wurden bei einem Drittel der Probanden Schweißrauchkonzentrationen über dem AGW gemessen.

## Grenzwerte am Arbeitsplatz

### Schweißrauch

Zur Beurteilung der Schweißrauchexposition wird der allgemeine Staubgrenzwert von  $3 \text{ mg/m}^3$  für alveolengängigen Staub (A-Fraktion) und  $10 \text{ mg/m}^3$  für einatembaren Staub (E-Fraktion) herangezogen (TRGS 900).

Welche Expositionsgrenzen bei bestimmten schweißtechnischen Arbeiten nach dem Stand der Technik einzuhalten sind, wird in der TRGS 528 „Schweißtechnische Arbeiten“ detailliert erläutert.

### Mangan

Der gesetzliche Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) für Mangan beträgt  $0,500 \text{ mg/m}^3$  ( $500 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ ) (TRGS 900). Vor dem Hintergrund möglicher neurodegenerativer Wirkungen wurde der MAK-Wert für Mangan im Jahr 2010 auf  $0,02 \text{ mg/m}^3$  ( $20 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ ) für die A-Fraktion und  $0,2 \text{ mg/m}^3$  ( $200 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ ) für die E-Fraktion gesenkt. Darüber hinaus wurde 2010 der BAT-Wert zu Mangan ( $20 \text{ }\mu\text{g/l}$  Blut) ausgesetzt und durch einen Biologischen Arbeitsstoff-Referenzwert (BAR) in Höhe von  $15 \text{ }\mu\text{g/l}$  Blut ersetzt.

### Chrom

Für Chrom und seine anorganischen Chrom(II) und (III)-Verbindungen in der Luft am Arbeitsplatz besteht ein AGW in Höhe von  $2 \text{ mg/m}^3$  in der einatembaren Fraktion. Die bis 2004 gültige Technische Richtkonzentration (TRK) bezog sich auf Chrom(VI)-Verbindungen im Gesamtstaub und betrug  $0,05 \text{ mg/m}^3$  ( $50 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ ). Für Chrom(III)-Verbindungen war die Datenlage nach Auffassung der Senatskommission nicht ausreichend, um einem MAK-Wert aufzustellen. Für Chrom und seine anorganischen Verbindungen besteht ein BAR-Wert in Höhe von  $0,6 \text{ }\mu\text{g/l}$  Urin.

### Nickel

Bis zum Jahr 2004 betrug an Arbeitsplätzen die Technische Richtkonzentration (TRK) für Nickel als Nickelmetall, Nickelsulfid und sulfidische Erze, Nickeloxid und Nickelcarbonat  $0,5 \text{ mg/m}^3$  ( $500 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ ) (E-Fraktion), für Nickelverbindungen in Form atembare Tropfen  $0,05 \text{ mg/m}^3$  ( $50 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ ) (E-Fraktion). Für Nickel und seine Verbindungen besteht ein BAR-Wert in Höhe von  $3 \text{ }\mu\text{g/l}$  Urin.

Am Tag der Messungen benutzten 26 Probanden Schweißermasken mit gebläseunterstütztem Atemschutz (Gebläsehelme), bei denen permanent gefilterte Luft in den Atembereich geführt wird. Sie wurden ausschließlich bei stärker emittierenden Schweißverfahren eingesetzt und reduzierten die Konzentrationen des Schweißrauchs (A) bis auf eine Ausnahme auf Werte unterhalb der Nachweisgrenze.

### Modelle zur Charakterisierung von Schweiß-Expositionen

Anhand der in WELDOX erhobenen Daten wurden statistische Modelle aufgestellt, um durchschnittliche Expositionshöhen für Schweißrauch und darin enthaltene Metalle für bestimmte Expositionsszenarien abzuschätzen und die Einflüsse weiterer praxisrelevanter Parameter auf die Schweißrauchkonzentrationen quantitativ abzuschätzen, um so letztlich Präventionsmöglichkeiten zu bewerten. Aufgrund der großen Zahl von Messungen unterhalb der Nachweisgrenze wurde ein besonderes statistisches Verfahren (Tobit-Regression) eingesetzt. Dieses Modell wurde mit zwei weiteren statistischen Verfahren validiert, die die Werte unterhalb der analytischen Nachweisgrenze auf unterschiedliche Weise berücksichtigt haben.

Es bestätigte sich der große Einfluss des Schweißverfahrens auf die Expositionshöhe gegenüber alveolengängigem Schweißrauch (Tabelle 3). So führt Fülldraht-Schweißen im Mittel zu 2,3-fach höheren Schweißrauchkonzentrationen als MSG-Schweißen mit Massivdraht. Dagegen betrug die Exposition beim WIG-Schweißen nur 15 Prozent im Vergleich zum MSG-Schweißen mit Massivdraht. Eine signifikante Reduktion der Exposition um etwa 35 Prozent war bei einem wirksamen Einsatz der Schweißrauchabsaugung zu erkennen. Das Arbeiten in engen, schlecht belüfteten Räumen führte zu einer etwa 1,8-fach höheren Exposition. Eine relative geringere Exposition bei der Bearbeitung von hochlegierten Stählen ist möglicherweise auf andere technische Parameter beim Schweißprozess zurückzuführen.

### Belastungen gegenüber Metallen im Schweißrauch

Analog zur Untersuchung der Massekonzentrationen von Schweißrauch wurden die Expositionen gegenüber Mangan, Chrom- und Nickelverbindungen ausgewertet. Tabelle 4 gibt eine Übersicht über die Konzentrationen in der A-Fraktion des Schweißrauchs. Die mittlere Mangankonzentration (A-Fraktion: Median 62 µg/m³) lag über der von der Deutschen Forschungsgemeinschaft empfohlenen Maximalen Arbeitsplatzkonzentration (MAK) von 20 µg/m³.

In der A-Fraktion des Schweißrauchs wurde für Chrom ein Medianwert von 3,6 µg/m³ ermittelt, für Nickel 2,6 µg/m³. Nickel und Chrom kommen eng korreliert im Schweißrauch vor (Abbildung 3). Die unter realen Feldbedingungen beobachteten Konzentrationen sollten bei der Ableitung von Exposition-Risiko-Beziehungen beachtet werden.

In WELDOX wurden die oben genannten und weitere Metalle sowohl in Standardmaterial (Urin und Blut) als auch in biologischen Proben aus dem Atembereich (Nasenspülflüssigkeit, induziertes

	N	N <sub>&lt;LOD</sub>	N <sub>&gt;AGW</sub>	Median [mg/m³]	P25 [mg/m³]	P75 [mg/m³]
Schweißrauch (E)	241	33*	34	2,18	<LOD	6,11
Schweißrauch (A)	241	90	69	0,97	<LOD	3,42

Tab. 2: Ergebnisse der Messungen des einatembaren Schweißrauchs (E-Fraktion) und des alveolengängigen Schweißrauchs (A-Fraktion) mit PGP-EA. N<sub><LOD</sub> Anzahl der Werte unterhalb der Nachweisgrenze, \* bei weiteren 61 Messungen konnte die Konzentration der E-Fraktion nicht genau bestimmt werden, N<sub>>AGW</sub> Anzahl der Werte oberhalb des Arbeitsplatzgrenzwerts.

Sputum und Atemkondensat) untersucht. Die Proben wurden am Ende der Arbeitsschicht gewonnen, in der die Luftmessungen erfolgten. Erste Ergebnisse zu Metallkonzentrationen im Atemkondensat von Schweißern wurden international publiziert (Hoffmeyer et al. 2010). Hier sollen zunächst die Ergebnisse für Chrom und Nickel im Urin und für Mangan im Blut vorgestellt werden, um einen Vergleich mit BAT- beziehungsweise BAR-Werten zu ermöglichen (Tabelle 5). Im Allgemeinen geht man von einer Exposition am Arbeitsplatz aus, wenn höhere Werte als im überwiegenden Teil der Bevölkerung beobachtet werden (BAR-Wert als 95. Perzentil der Verteilung in der Allgemeinbevölkerung). Dabei lagen etwa die Hälfte der Schweißer über dem BAR-Wert für Nickel und mehr als die Hälfte über dem BAR-Wert für Chrom. Mangan ist biologisch reguliert, die Überschreitungen des BAR-Werts sind geringer.

Während die Minderung der Exposition gegenüber Schweißrauch durch Gebläsehelme anhand der Luftmessungen deutlich zu erkennen war, ist die Schutzwirkung von filternden Atemschutzmas-

	Exp (β) (95% CI)
Intercept (N=215)	2,74 (2,22-3,38)
MSG mit Massivdraht (N=78)	1,00 (Ref)
MSG mit Fülldraht (N=42)	<b>2,26 (1,62-3,15)</b>
WIG (N=66)	<b>0,15 (0,10-0,23)</b>
Lichtbogenhandschweißen (N=17)	1,05 (0,61-1,79)
Diverse (N=12)	1,06 (0,62-1,82)
Niedriglegierte Werkstoffe (N=83)	1,00 (Ref)
Hochlegierte Werkstoffe (N=122)	<b>0,57 (0,42-0,78)</b>
Normale Raumverhältnisse (N=193)	1,00 (Ref)
Beengter Raum (N=22)	<b>1,79 (1,20-2,68)</b>
Keine wirksame Absaugung (N=167)	1,00 (Ref)
Absaugung wirksam (N=48)	<b>0,65 (0,55-0,78)</b>

Tab. 3: Abschätzung des Effekts potenzieller Einflussgrößen auf die Schweißrauchbelastung (Regressionskoeffizienten mit 95% Vertrauensbereich); Tobit-Regression für Schweißrauch (A) [mg/m³, log-transformiert]; ohne Schweißer mit Gebläsehelm (N = 215, N<sub>>max(LOD)}</sub> = 133)

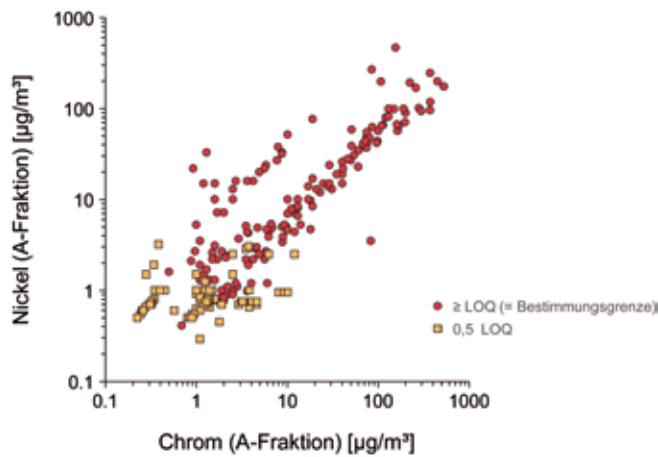


Abb. 3: Assoziation von Chrom und Nickel in der A-Fraktion des Schweißrauchs

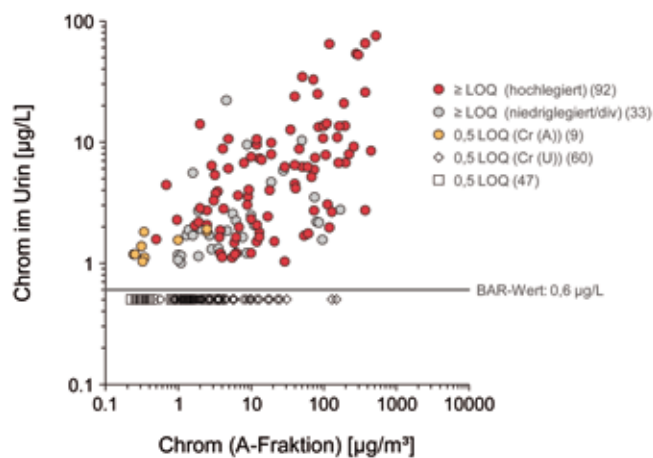


Abb. 4: Assoziation von Chrom im Urin nach der Arbeitsschicht und Chrom im Schweißrauch (A-Fraktion) während der Schicht

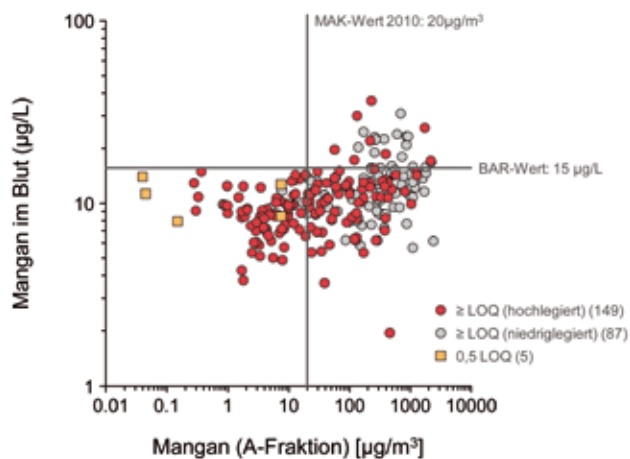


Abbildung 5: Assoziation von Mangan im Blut mit Mangan im Schweißrauch (A-Fraktion)

	N	N <sub>&lt;LOQ</sub>	Median [µg/m³]	P25 [µg/m³]	P75 [µg/m³]
Chrom (A)	241	56	3,6	0,9	18,0
Nickel (A)	241	78	2,6	< LOQ	16,0
Mangan (A)	241	5	62	8,4	320,0

Tab. 4: Metallverbindungen im alveolengängigen Schweißrauch; Anzahl der Messwerte unterhalb der Bestimmungsgrenze (N<sub><LOQ</sub>); Mediane sowie 25. Perzentil und 75. Perzentil der Messwerte

ken nur gemeinsam mit den Daten aus dem Humanbiomonitoring abschätzbar, da der Messkopf zur Bestimmung der äußeren Exposition bisher nicht unter der Maske positioniert werden kann.

Die Luftbelastung gegenüber Chrom und Nickel ist eng miteinander korreliert. Die Konzentrationen beider Metalle im Urin zeigten einen deutlichen Zusammenhang mit der jeweiligen Konzentration im Schweißrauch (Abbildung 4: Chrom im Urin in Abhängigkeit von der Chromkonzentration in der alveolengängigen Fraktion des Schweißrauchs).

Da die Expositionen gegenüber Chrom und Nickel eng korreliert sind, wird hier das statistische Modell zu den möglichen Einflussfaktoren beispielhaft anhand Chrom im Urin vorgestellt. Die Ergebnisse des Tobit-Regressionsmodells zeigen den engen Zusammenhang von innerer und äußerer Chrombelastung. Das Tragen einer Atemschutzmaske führte etwa zu einer Halbierung der inneren Belastung, schwere körperliche Arbeit und das damit verbundene erhöhte Atemminutenvolumen führen dagegen fast zu einer Verdopplung (Faktor 1,92).

Im Gegensatz zu Chrom und Nickel zeigt die Assoziation von Mangan im Blut mit Mangan in der A-Fraktion des Schweißrauchs ein anderes Bild (Abb. 5). Bis zu einer bestimmten äußeren Belastung – etwa 50-100 µg/m³ – steigt die Mangankonzentration im Blut nicht erkennbar an. Hier kann eine biologische Regulation für Mangan als essentiell vom Organismus benötigtes Metall angenommen werden. Aufgrund der körpereigenen Regulation des systemischen Manganspiegels ist es deutlich erschwert, modulierende Einflussfaktoren wie z.B. der Gebrauch von Atemschutzmasken in den statistischen Analysen zu erkennen. Durch diese biologische Regulation ist Mangan im Blut möglicherweise weniger gut geeignet, die durch hohe Manganexposition im zentralen Nervensystem diskutierten neuromotorischen Leistungseinschränkungen zu bewerten. Die genauere Erforschung dieser Zusammenhänge ist Gegenstand eines in Planung befindlichen Projekts am IPA.

### Schlussfolgerung und Ausblick

In der Querschnittstudie WELDOX wurde weltweit erstmals eine große Anzahl von Schweißern aus verschiedenen Branchen umfassend in Bezug auf die äußere Exposition (Ambient Monitoring), die innere Belastung (Biological Monitoring) sowie die gesundheitlichen Effekte als Folge der Exposition gegenüber Schweißrauch in unterschiedlichen Partikelfractionen und den darin enthaltenen

	Median [µg/L]	BAR [µg/L]	Anzahl über BAR
Chrom im Urin	1,2	0,6	mind. 134 (55%) BAR < Bestimmungsgrenze
Nickel im Urin	2,87	3	119 (48%)
Mangan im Vollblut	10,3	15	29 (12%)

Tab. 5: Ergebnisse des Biomonitoring (N=243); Biologische Arbeitsplatzreferenzwerte (BAR) der Deutschen Forschungsgemeinschaft

Metallen untersucht. Die detaillierte Erfassung von Arbeitsplatzfaktoren bildet die Basis für weitere Zusammenhangsanalysen hinsichtlich biologischer Effekte.

Dabei konnten nicht nur die Wirksamkeit von Arbeitsschutzmaßnahmen in Abhängigkeit vom Schweißverfahren untersucht, sondern auch Zusammenhänge zwischen der äußeren und inneren Exposition von Metallen der beruflich gegenüber Schweißrauch exponierten Personen sowie Dosis-Wirkungsbeziehungen zwischen der Exposition und potenziellen gesundheitlichen Effekten bei Anwendung gebräuchlicher Schweißverfahren analysiert werden. Im Ergebnis zeigt die Studie verschiedene Präventionsmöglichkeiten auf: So können insbesondere die Benutzung von Gebläsehelmen, der Ersatz stark emittierender Verfahren (Fülldrahtschweißen) durch emissionsärmere Verfahren sowie brennerintegrierte Absaugungen die Exposition mindern.

Die im Rahmen dieser Studie entwickelten komplexen statistischen Modelle gestatten es, die durchschnittliche Expositionshöhe für Schweißrauch und den darin enthaltenen Metallbelastungen für bestimmte Expositionsszenarien abzuschätzen. Damit kann der Einfluss von verschiedenen Arbeitsplatzfaktoren, wie z. B. einer effizienten Absaugung von Schweißrauch, beschrieben und gezielt Präventionsmaßnahmen eingeleitet werden.

Aufbauend auf den Erkenntnissen aus dieser Studie wurde eine Arbeitsgruppe gegründet, die das Modell zur Charakterisierung von Schweißer-Expositionen unter Einbeziehung weiterer Schweißrauchdaten und praxisrelevanter Parameter (Schutzmaßnahmen wie z.B. Lüftung, Absaugung, persönliche Schutzmaßnahmen, räumliche Verhältnisse, Messstrategie, Schweißverfahren) validieren soll.

	Kategorie	Exp (β) (95% CI)
<b>Intercept (N=215)</b>		0,22 (0,12-0,40)
<b>Chrom</b>	Werte <LOQ	0,52 (0,30-0,89)
	Min-P25	1,00 (Ref)
	P25 - Median	1,87 (1,17-2,98)
	Median - P75	3,73 (2,34-5,96)
	P75 -Max	11,57 (7,20-18,58)
<b>Staubmaske</b>	nie	1,00 (Ref)
	manchmal	0,57 (0,38-0,88)
	länger	0,40 (0,23-0,68)
<b>Kreatinin im Urin (g/L)</b>		1,82 (1,52-2,18)
<b>Physische Belastung</b>	leicht	1,00 (Ref)
	mittel	1,50 (0,97-2,31)
	schwer	1,92 (1,07-3,45)

Tab. 6: Einflussfaktoren auf die Chromkonzentration im Urin (µg/L); Tobit-Modell (N=241; Cr (Urin)<sub><LOQ</sub> =107; Cr (A)<sub><LOQ</sub> = 57); Regressionskoeffizient (Exp (β)) mit 95% Konfidenzintervall

Die Autoren:

Prof. Dr. Thomas Brüning, Dr. Martin Lehnert,  
Dr. Beate Pesch, Dr. Tobias Weiß  
IPA

Prof. Dr. Helmut Blome,  
Arno Goebel, Rainer Van Gelder  
Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA)

Literatur

- Gabriel S, Voitl S, Charisse M, Deppe D: Das Qualitätsmanagementsystem im Berufsgenossenschaftlichen Messsystem Gefahrstoffe - BGMG. Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft. 2006; 66: 33-37
- 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
- Hahn J-U: Aufarbeitungsverfahren zur Analytik metallhaltiger Stäube. [Online] <http://www.ifa-arbeitsmappedigital.de/6015>
- Hebisch R, Fricke H-H, Hahn J-U, Lahaniatis M, Maschmeier C-P, Mattenklott M. Sampling and determining aerosols and their chemical compounds. In: The MAK Collection for Occupational Health and Safety, Part III: Air Monitoring Methods, H.Parlar, H.Greim, (eds.), pp. Weinheim: Wiley-VCH, 2005
- Hoffmeyer F, Weiß T, Lehnert M, Pesch B, Berresheim H, Henry J, Raulf-Heimsoth M, Broding HC, Bünger J, Harth V, Brüning T. Increased metal concentrations in exhaled breath condensate of industrial welders. Environ Monit 2011; 13: 212-218
- Hobson A, Seixas N, Sterling D, Racette BA. Estimation of particulate mass and manganese exposure levels among welders. Ann Occup Hyg 2011; 55:113-125
- Park RM, Bowler RM, Roels HA. Exposure-response relationship and risk assessment for cognitive deficits in early welding-induced manganism. J Occup Environ Med 2009; 51: 1125-1136
- Spiegel-Ciobanu VE. BG-Information (BGI) 593: Schadstoffe beim Schweißen und bei verwandten Verfahren. Vereinigung der Metall-Berufsgenossenschaften (Hrsg.), Carl Heymanns Verlag, Köln, 2008: 38-61
- Zober A, Zschesche W. Der Schweißberbeitsplatz. In: Konietzko J, Dupuis H (Hrsg.). Handbuch der Arbeitsmedizin, 2003, IV-9.20:1-16