

Gesundheitliche Belastungen von Schweißern

Abschätzung der Exposition von Schweißern für die Berechnung von Dosis-Risiko-Beziehungen in epidemiologischen Studien



Benjamin Kendzia, Beate Pesch, Wolfgang Zschiesche, Thomas Behrens, Thomas Brüning

Schweißen ist ein sehr verbreitetes und nicht zu ersetzendes Verfahren in der industriellen Verarbeitung von Metallen und wird von vielen Erwerbstätigen angewandt (IARC, 2018). Schweißen kann allerdings mit verschiedenen gesundheitsgefährdenden Expositionen verbunden sein.

Zu den Schadstoffen, die beim Schweißen frei werden können, gehören unter anderem Schweißrauch, hexavalentes Chrom (Cr(VI)) und Nickel-Verbindungen. Alle drei wurden von der Internationalen Agentur für Krebsforschung (IARC) als krebserzeugend für den Menschen eingestuft. Mangan (Mn), ein weiterer beim Schweißen von Stählen auftretender Gefahrstoff, ist zudem bekanntermaßen neurotoxisch. Sollen gesundheitliche Auswirkungen von Schweißarbeiten im Rahmen von epidemiologischen Studien untersucht werden, sind zuverlässige quantitative Abschätzungen der Belastung von Schweißern erforderlich. Da in solchen Studien meist individuelle personenbezogene Messdaten fehlen, werden mithilfe von „Job-Expositions-Matrizen“ (JEMs) berufliche Belastungen von Schweißern aus Sekundärdaten (s. Info-Kasten) hergeleitet (Taeger, 2017). Diese Expositionsabschätzungen können anschließend mit den Berufsbiographien von Schweißern aus einer epidemiologischen Studie verknüpft werden, um Erkrankungsrisiken zu schätzen.

Umfangreiche Auswertung personenbezogener Messdaten

Umfangreiche Messdaten zu Expositionen am Arbeitsplatz werden im Messsystem Gefährdungsermittlung der Un-

fallversicherungsträger (MGU) qualitätsgesichert ermittelt und in der Expositionsdatenbank MEGA am Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA) dokumentiert (Gabriel et al. 2010). In enger Zusammenarbeit mit dem IFA haben wir Daten zu personengetragenen Messungen aus MEGA im Hinblick auf Schweißrauch, Cr(VI), Ni und Mn ausgewertet. Dazu wurden schweißtechnische Informationen (Verfahren, Material, insbesondere Art und Zusammensetzung von Zusatzwerkstoffen) und messtechnische Daten (Kalenderjahr, Messgerät, Messdauer), verbunden mit aufwändigen Recherchen von Freitextinformationen zusammengestellt. Insgesamt konnten 15.473 Messwerte für die einatembare (E-Fraktion) und 9.161 für alveolengängige Partikelfraktion (A-Fraktion) des Schweißrauchs, 1.898 für Cr(VI), 3.055 für Ni und 3.985 für Mn ausgewertet werden. Mit geeigneten statistischen Verfahren wurde die Exposition als modellbasierte geometrische Mittelwerte (GM) für gängige Schweißverfahren und unter Berücksichtigung von Daten unterhalb der Nachweis- beziehungsweise Bestimmungsgrenze und messtechnischer Faktoren geschätzt (Lotz et al., 2013). Die Ergebnisse sind in vier internationalen Publikationen zusammengefasst: Schweißrauch (Kendzia et

Kurz gefasst

- Bei der industriellen Verarbeitung von Metallen ist das Schweißen ein nicht zu ersetzendes Verfahren.
- Beim Schweißen werden verschiedene krebserzeugende Schadstoffe wie Schweißrauch, Nickel-Verbindungen und hexavalentes Chrom freigesetzt.
- Um die berufliche Belastung von Schweißern auch retrospektiv zuverlässig abschätzen zu können, wurde am IPA eine sogenannte Job Expositions Matrix für das Schweißen – WEM genannt – anhand von quantitativen Abschätzungen aus internationalen Publikationen entwickelt.

Als GM wurden $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Cr(VI) und $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Ni in der E-Fraktion beim Schweißen von niedriglegierten Stählen ermittelt. Wurde Edelstahl mit MAG/MIG geschweißt, waren die Schweißrauchkonzentrationen (E-Fraktion) bei Verwendung von Massivdraht deutlich geringer ($2 \text{ mg}/\text{m}^3$) und die Metallkonzentrationen höher (Cr(VI) $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Ni $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Beim WIG-Schweißen waren die mittleren Expositionen gegenüber Schweißrauch mit $0,7 \text{ mg}/\text{m}^3$, Cr(VI) mit $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und Ni mit $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ niedriger. Auch unterschiedliche Cr- beziehungsweise Ni-Gehalte in den Zusatzwerkstoffen waren mit unterschiedlich hohen Expositionen verbunden: Bei einem hohen Ni-Anteil in der Elektrode (>30%) waren die mittleren Ni-Konzentrationen bei MAG/MIG um das 10-fache höher.

al. under review), Cr(VI) (Pesch et al. 2015), Ni (Kendzia et al. 2017a) und Mn (Kendzia et al. 2017b).

Schweißverfahren und verarbeitete Zusatzwerkstoffe

Die Höhe der Belastung gegenüber Schweißrauchen und den darin enthaltenen Metallen wie Cr(VI), Ni und Mn ist stark von dem angewandten Schweißverfahren und den eingesetzten Zusatzwerkstoffen abhängig. Besonders bei emissionsstarken Verfahren wie dem Metallaktivgas- und -inertgasschweißen (MAG/MIG) von niedrig legiertem Stahl waren Schweißer höheren Belastungen gegenüber Schweißrauch und Mn im Vergleich zu Wolframinertgasschweißen (WIG) ausgesetzt. In der E-Fraktion betrug die GM bei MAG/MIG-Schweißern für Schweißrauch $4 \text{ mg}/\text{m}^3$ und $95 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Mn, dagegen bei WIG $0,9 \text{ mg}/\text{m}^3$ für Schweißrauch und $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Mn. Der Grenzwert für Mn in der E-Fraktion ($200 \text{ mg}/\text{m}^3$) war bei 20 Prozent der Messungen überschritten.

Je nach Schweißverfahren und Zusatzwerkstoff kann die mittlere Belastung (GM) durch Cr(VI) um den Faktor 150 schwanken ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ über alle Schweißverfahren; $0,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Laserschweißen und $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Lichtbogenhandschweißen). Die Annahme einer über alle Schweißverfahren gemittelten Cr(VI)-Exposition kann daher zu einer erheblichen Über- beziehungsweise Unterbewertung des Expositionsniveaus führen, wenn das Schweißverfahren bei der Berechnung von Dosis-Risiko-Beziehungen nicht berücksichtigt wird. Aus diesem Grund haben wir die quantitativen Abschätzungen aus den internationalen Publikationen zu einer spezifischen JEM für Schweißarbeiten (WEM), stratifiziert nach Schweißverfahren und verwendeten Zusatzwerkstoffen für Schweißrauch, Cr(VI), Ni und Mn zusammengefasst. Diese soll in unseren weiteren epidemiologischen Studien eingesetzt werden. So wurde unter Federführung des IPA die WEM be-



reits für zwei Publikationen im DGUV-geförderten Projekt AEKO in der Heinz Nixdorf Recall Study (www.uni-due.de/recall-studie/) verwendet. Hierbei wurde der Einfluss einer früheren beruflichen Belastung von Mn auf den Geruchssinn sowie der Feinmotorik von Männern untersucht (Casjens et al. 2016, Pesch et al. 2017). Im Rahmen des Verbundprojektes SYNERGY (<https://synergy.iarc.fr>) verknüpfen wir derzeit die von uns entwickelte WEM mit Berufsbiographien inklusive Zusatzfragebögen zum Schweißen von zwei deutschen Fall-Kontroll-Studien, um Lungenkrebsrisiken in Abhängigkeit von der kumulativen Exposition gegenüber Schweißrauch, Cr(VI) und Ni quantitativ abzuschätzen.

Fazit

Seit vielen Jahren beschäftigt sich das IPA gemeinsam mit den Unfallversicherungsträgern in verschiedenen Projekten mit möglichen Gesundheitsgefährdungen durch Schweißen. Mithilfe der nun entstandenen WEM ist es möglich, auch aus retrospektiven Studien quantitative und valide Risikoschätzer zu berechnen. Basierend auf diesen Ergebnissen können gezielte Präventionsansätze aufgestellt werden.

Die Autoren:

**Prof. Dr. Thomas Behrens, Prof. Dr. Thomas Brüning,
Benjamin Kendzia, PD Dr. Beate Pesch,
PD Dr. Wolfgang Zschiesche**
IPA

Glossar

Sekundärdaten

Sekundärdaten sind Daten, die nicht direkt erhoben werden können. Sie werden teilweise aus Primärdaten, die bei einer Datenerhebung unmittelbar gewonnen werden wie Alter Geschlecht etc., und/oder durch bereits durchgeführte statistische Modelle hergeleitet.

Zusatzwerkstoffe

Unter einem Zusatzwerkstoff versteht man den zugeführten und abschmelzenden Werkstoff, der mit dem Grundwerkstoff eine Verbindung eingeht (vgl. TRGS 528)

Modellbasierte geometrische Mittelwerte (GM)

Modellbasierte geometrische Mittelwerte (GM) sind nach Störgrößen (z.B. Alter, Rauchstatus, etc.) adjustierte Mittelwerte, die aus Ergebnissen von Regressionsanalysen gewonnen werden.

Literatur

Casjens S, Pesch B, Robens S, Kendzia B, Behrens T, Weiß T, Ulrich N, Arendt M, Eisele L, Pundt N, Marr A, van Thriel C, van Gelder R, Aschne M, Moebus S, Draganon, Jöckel KH, Brüning T. Associations between former exposure to manganese and olfaction in an elderly population: Results from the Heinz Nixdorf Recall Study. *Neurotoxicology* 2016; 58: 58–65. DOI 10.1016/j.neuro.2016.11.005

Gabriel S, Koppisch D, Range D, 2010. The MGU - a monitoring system for the collection and documentation of valid workplace exposure data. *Gefahrstoffe - Reinhalt Luft* 2010; 70: 43–49

International Agency for Research on Cancer (IARC). IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum. 2018; Vol. 118: Welding, Molybdenum Trioxide, and Indium Tin Oxide. IARC, Lyon

Kendzia B, Pesch B, Koppisch D, van Gelder R, Pitzke K, Zschiesche W, Behrens T, Weiß T, Siemiatycki J, Lavoue J, Jöckel K-H, Stamm R, Brüning T. Modelling of occupational exposure to inhalable nickel compounds. *J Expos Sci Environ Epidemiol*. 2017a; 27: 427-433 . DOI 10.1038/jes.2016.80

Kendzia B, Van Gelder R, Schwank T, Hagemann C, Zschiesche W, Behrens T, Weiß T, Brüning T, Pesch B, Occupational exposure to inhalable manganese at German workplaces. *Ann Work Expo Health*. 2017b. 61: 1108–1117 DOI 10.1093/annweh/wxx080

Lotz A, Kendzia B, Gawrych K, Lehnert M, Brüning T, Pesch B. Statistical methods for the analysis of left-censored variables. *GMS Med Inform Biom Epidemiol*. 2013; 9: 10.3205/mibe000133

Pesch B, Casjens S, Weiß T, Kendzia B, Arend M, Eisele L, Behrens T, Ulrich N, Pundt N, Marr A, Robens S, van Thriel C, van Gelder R, Aschner M, Moebus S, Draganon N, Brüning T, Jöckel KH. Occupational exposure to manganese and fine motor skills in elderly men: Results from the Heinz Nixdorf Recall Study. *Ann Work Expo Health*. 2017; 61: 1118–1131. DOI 10.1093/annweh/wxx076

Pesch B, Kendzia B, Hauptmann K, Van Gelder R, Stamm R, Hahn J-U, Zschiesche 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; 280: 500–506. DOI 10.1016/j.ijheh.2015.04.004

Taeger D. Grundlagen einer Job-Expositions-Matrix. *Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie*. 2017; 67: 143–150. DOI 10.1007/s40664-017-0183-3