

# Energiewende – neue und alte toxische Metalle

Bericht vom Symposium „Toxische Metalle“

## Metalle als Gesundheitsrisiko in der Energie- und Kreislaufwirtschaft

Die globale Energiewende bringt zweifelsohne ökologische Chancen, doch sie birgt auch gesundheitliche Risiken. Im Mittelpunkt stehen dabei jene Metalle, die als „kritische Rohstoffe“ in Technologien wie Batterien, Windrädern, Solarmodulen und Elektromotoren verbaut werden. Lithium, Kobalt, Nickel, Kupfer, seltene Erden und Indium sind aus dem Wandel zu einer kohlenstoffarmen Wirtschaft nicht wegzudenken. Doch viele dieser Stoffe sind toxisch oder hinsichtlich ihrer langfristigen Gesundheitswirkungen bislang unzureichend untersucht.



Professorin Karin Broberg (Lund University) stellte in ihrem Eröffnungsvortrag dar, wie die Nachfrage nach neuen Metallen, teils in Milliardenhöhe, bereits heute zu erhöhten Expositionen führt, etwa in Bergbau, Herstellung, Verarbeitung und Recycling. Damit entsteht ein paradoxes Spannungsfeld: Die Energiewende soll die Menschheit vor klimatischen Gesundheitsgefahren schützen, könnte aber gleichzeitig neue toxische Belastungen schaffen, insbesondere für vulnerable Bevölkerungsgruppen.

## Das Symposium als interdisziplinäre Plattform

Das Symposium „Toxische Metalle“, veranstaltet vom Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin am LMU Klinikum München, gemeinsam mit dem Collegium Ramazzini, vereinte internationale Fachleute aus Umweltmedizin, Arbeitsmedizin, Toxikologie, Epidemiologie und Umweltrecht. In insgesamt über 40 Beiträgen wurden sowohl klassische Schwermetalle (zum Beispiel Blei, Quecksilber, Arsen) als auch neu in den Fokus rückende Elemente (zum Beispiel Indium, Gallium, Germanium, Wolfram) beleuchtet. Basis waren aktuelle Studien, Scoping Reviews, Human- und Umweltmonitoring, klinische Fallberichte und Praxiserfahrungen aus Ländern des Globalen Südens und Nordens.

### Zentrale Themen waren:

- » Industrielle und informelle Metallverarbeitung,

- » Expositionswege bei Abbau, Verarbeitung, Wiederverwertung,
- » Gesundheitseffekte bei Kindern, Arbeiterinnen und Arbeitern und Allgemeinbevölkerung,
- » Regulatorische und präventive Ansätze auf nationaler und globaler Ebene.

## Relevante Metalle und ihre gesundheitlichen Gefahren

Im Folgenden ein Überblick über jene toxischen Metalle, die im Zuge der Energie- und Ressourcenwende zunehmend an Bedeutung gewinnen:

### Lithium, Kobalt und Nickel

Diese Metalle sind zentrale Bestandteile von Lithium-Ionen-Batterien. Kobalt stammt oft aus dem Kleinbergbau im Kongo unter prekären Bedingungen. Kobaltmetall und lösliche Kobalt(II)-Salze gelten als „wahrscheinlich krebserregend“ (Gruppe 2A), Kobalt(II)-oxid als „möglicherweise krebserregend“ (Gruppe 2B). Nickel wird überwiegend oral und durch Einatmen aufgenommen. Chronisches Einatmen ist krebserregend und erhöht das Risiko für Atemwegskrebs; es kann auch allergische Kontaktdermatitis auslösen. Orale Aufnahme gilt meist als unbedenklich. Lithiummetall ist ätzend. Das Einatmen von Lithiumstaub reizt die Atemwege; hohe Mengen können Lungenödeme verursachen. Feuchtigkeit bildet ätzendes Lithiumhydroxid, daher ist Vorsicht geboten.

### Indium, Gallium, Germanium, Wolfram

Diese „neuen Metalle“ kommen in Dünnschicht-Solarzellen, Halbleitern, Displays und LEDs zum Einsatz. In einer schwedischen Studie von Karin Broberg (GreenMetalWaste-Studie) zeigten Recyclingarbeiter signifikant erhöhte Blut- und Urinspiegel von Indium, Wolfram, Gallium und Germanium. Insbesondere Indium-Tin-Oxid (ITO) gilt als potenziell karzinogen (IARC 2B) mit Lungenschäden bei inhalativer Aufnahme. Germanium ist bisher unzureichend toxikologisch bewertet.

### Blei, Quecksilber, Arsen, Cadmium

Diese klassischen Schwermetalle bleiben weltweit hochrelevant, vor allem in informellen Recyclingprozessen und im Kleinbergbau.

- » **Blei** ist neurotoxisch, besonders bei Kindern. Schon geringe Blutbleikonzentrationen (<5 µg/dL) sind mit kognitiven Defiziten, Aufmerksamkeitsstörungen, Verhaltensauffälligkeiten, erhöhtem Blutdruck und eingeschränkter Nierenfunktion verbunden. Philip Landrigan (Boston College) stellte dar, dass weltweit eines von drei Kindern erhöhte Blutbleiwerte aufweist, mit enormen volkswirtschaftlichen Schäden.
- » **Quecksilber** wird vor allem im informellen Goldbergbau eingesetzt. Aufgezeigt wurde, dass bereits Kinder in Simbabwe, Nigeria, Tansania und Indonesien mit metallischem Quecksilber arbeiten. Die Exposition führt zu neurotoxischen Symptomen, Entwicklungsstörungen,



Koordinationsdefiziten, Intoxikationen, dokumentiert in zahlreichen Fallstudien. Stillende Mütter übertragen Quecksilber nachweislich über Muttermilch.

- » **Arsen** (vor allem anorganisch) ist kanzerogen (Haut, Lunge, Blase), wirkt immun- und neurotoxisch und wurde in erhöhten Konzentrationen bei E-Schrott-Verarbeiterinnen und -Verarbeitern in Ghana nachgewiesen.
- » **Cadmium** reichert sich in Niere und Leber an, schädigt Knochen und wird über inhalative Wege beim Schweißen und Schmelzen aufgenommen.

### Weitere Belastungsquellen

Auch neue Energieträger (zum Beispiel Wasserstoff, Ammoniak) und Materialien (zum Beispiel indiumhaltige Solarzellen) können toxische Nebenprodukte enthalten oder erfordern aufwendige Prozesse, die Staub und Dämpfe freisetzen. Biomasseverbrennung (zum Beispiel Holzindustrie) kann durch Flugasche Metalle in die Luft emittieren.

### Globale Ungleichheit, toxische Exposition und gesundheitliche Gerechtigkeit

Ein zentrales Thema des Symposiums war die strukturelle globale Ungleichverteilung von Risiken und Nutzen der Energiewende. Während der Globale Norden überwiegend von sauberer Energie, elektrifizierter Mobilität und Wohlstandsgewinnen profitiert, tragen Länder des Globalen Südens einen überproportional hohen Anteil an den gesundheitlichen Lasten.

### Informeller Bergbau und Recyclingwirtschaft

Schätzungsweise 100 Millionen Menschen weltweit arbeiten im informellen Goldkleinbergbau, häufig ohne Schutzkleidung, Gesundheitsversorgung oder Umweltregulierung. Expositionen gegenüber Quecksilber, Blei, Arsen und Silikaten sind die Regel. Auch im E-Schrott-Recycling (zum Beispiel Ghana, Indien, Nigeria) kommt es zur massiven Freisetzung toxischer Metalle, oft durch offene Verbrennung, manuelle Zerlegung oder unsachgemäße Schmelzprozesse. Kinder sind dabei besonders betroffen, da sie häufig arbeiten oder in unmittelbarer Nähe leben.

### Fehlende Regulierung und Schutzsysteme

Viele Staaten verfügen über keine effektiven Grenzwerte, keine Kapazitäten zur Messung und keinen Zugang zu toxikologischer Diagnostik. Die

Prävention bleibt somit auf individueller Ebene kaum möglich. Schulungen, klinische Diagnostik und Therapie (zum Beispiel Chelattherapie bei Quecksilber- oder Bleivergiftung) sind in ländlichen Regionen häufig nicht verfügbar. Diese strukturelle Vernachlässigung verstärkt globale Gesundheitsungleichheiten und stellt eine Verletzung des Rechts auf Gesundheit dar.

### Unsicherheit über neue Metalle und Kombinationswirkungen

Ein wiederkehrendes Thema war die unzureichende toxikologische Datenlage zu „neuen“ Metallen wie Indium, Gallium oder Germanium. Auch kombinierte Belastungen, etwa durch Feinstaub mit Metallen, Lösungsmitteln und Mikroplastik, sind kaum untersucht („Cocktail-Effekte“). Bestehende Grenzwerte (zum Beispiel am Arbeitsplatz) basieren meist auf Einzelstoffbetrachtungen, häufig aus Tierversuchen oder veralteten Expositionsszenarien.

### Krankheitslast von Blei weltweit so groß wie die von Luftschadstoffen

Die gesundheitlichen und wirtschaftlichen Folgen von Bleiexposition werden massiv unterschätzt. Neue Berechnungen von Björn Larsen und Ernesto Sanchez-Triana (Weltbank) zeigen, dass Blei jährlich den Verlust von 5,5 Millionen Menschenleben verursacht, vor allem durch Herz-Kreislauf-Erkrankungen, und rund 765 Millionen IQ-Punkte bei Kindern kostet. Die daraus resultierenden ökonomischen Schäden betragen global sechs Billionen US-Dollar jährlich, etwa sieben Prozent der weltweiten Wirtschaftsleistung. Ein konsequenter Bleischutz ist daher nicht nur gesundheitlich, sondern auch ökonomisch essenziell.

### Politische und präventive Maßnahmen

Die im Symposium präsentierten Erkenntnisse unterstreichen den dringenden Handlungsbedarf auf mehreren Ebenen:

- » **Staatliche Grenzwertanpassung und Monitoringpflichten:** Viele der aktuellen Grenzwerte in Europa und weltweit sind veraltet. Neue wissenschaftliche Daten zu Kanzerogenität, Neurotoxizität und Reproduktionstoxizität müssen in regulatorische Maßnahmen überführt werden.
- » **Globale Gesundheitsgerechtigkeit fördern:** Die Energiewende muss im Sinne der Planetary Health gedacht werden, sie darf keine neue

Form von Umweltungleichheit etablieren. Der Globale Norden hat eine Verantwortung, sichere Lieferketten, faire Arbeitsbedingungen und toxikologisch unbedenkliche Produktion zu gewährleisten.

- » **Ausbau von Human- und Umweltmonitoring:** Regelmäßige Biomonitoringprogramme (zum Beispiel Blut-, Urin-, Muttermilchanalysen) sind essenziell, sowohl in Industrie-, als auch in Schwellenländern. Internationale Forschungskonsortien und Public-Health-Programme sollten unterstützt werden.
- » **Stärkung von Prävention und Ausbildung:** Schulungsprogramme für Arbeitsmedizin, Umweltmedizin und klinische Toxikologie müssen international verfügbar gemacht werden. Insbesondere Diagnostik und Frühintervention bei Kindern erfordern Kapazitätsaufbau.
- » **Verbesserung des Recyclings:** Recycling ist zentral für eine ressourcenschonende Wirtschaft, muss aber sicher, emissionsarm und menschenwürdig gestaltet sein. Deutschland kann hier durch „best practices“ (zum Beispiel geschlossene Anlagen, Lüftungstechnik, Arbeitsschutz) internationale Standards setzen.

### Fazit

Die Energiewende ist kein rein technisches Projekt, sie ist auch eine Herausforderung für Umwelt- und Arbeitsmedizin. Toxische Metalle stellen ein unterschätztes Gesundheitsrisiko dar, insbesondere für Arbeiter und Kinder im Globalen Süden. Eine gerechte, nachhaltige Transformation erfordert daher mehr Forschung, stärkere Regulierung, internationale Solidarität und umfassende Prävention. Das Münchner Symposium hat eindrücklich gezeigt: Ohne Schutz vor alten und neuen toxischen Metallen wird die Energiewende nicht gesundheitsverträglich gelingen.

### Autor

Professor Dr. Stephan Böse-O'Reilly  
Facharzt Kinder- und Jugendmedizin

LMU Klinikum,  
Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin,  
Leitung der AG Globale Umweltmedizin und Klimawandel