

Ausgabe Oktober 2017 <sup>\*)</sup>

GMBI 2017 S. 786-812 v. 17.10.2017 [Nr. 43]

<b>Technische Regeln für Gefahrstoffe</b>	<b>Tätigkeiten mit krebserzeugenden Me- tallen und ihren Verbindungen</b>	<b>TRGS 561</b>
---	---	-----------------

Die Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) geben den Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Arbeitshygiene sowie sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen, einschließlich deren Einstufung und Kennzeichnung, wieder.

Sie werden vom

### **Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS)**

unter Beteiligung des Ausschusses für Arbeitsmedizin (AfAMed) ermittelt bzw. angepasst und vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales im Gemeinsamen Ministerialblatt bekannt gegeben.

Diese TRGS konkretisiert im Rahmen ihres Anwendungsbereiches Anforderungen der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) und der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV). Bei Einhaltung der Technischen Regeln kann der Arbeitgeber insoweit davon ausgehen, dass die entsprechenden Anforderungen der Verordnung erfüllt sind. Wählt der Arbeitgeber eine andere Lösung, muss er damit mindestens denselben Sicherheits- und Gesundheitsschutz für die Beschäftigten erreichen.

### **Inhalt**

- 1 Anwendungsbereich
- 2 Begriffsbestimmungen
- 3 Informationsermittlung und Gefährdungsbeurteilung
- 4 Allgemeine Schutzmaßnahmen
- 5 Besondere Schutzmaßnahmen für spezielle Bereiche
- 6 Arbeitsmedizinische Prävention

### Literatur

---

<sup>\*)</sup> red. Hinweis vom 14. Juni 2021: Mit den Änderungen der TRGS 900 und 910 bzgl. Cadmium ist auch die TRGS 561 anzupassen. Dies wird zzt. geprüft, auch ist eine Anpassung der ERB für Cobalt in Diskussion. Die Anpassung der TRGS 561 erfolgt deshalb erst zu einem späteren Zeitpunkt.

## 1 Anwendungsbereich

(1) Diese TRGS gilt für Tätigkeiten, bei denen durch eine Exposition gegenüber krebserzeugenden Metallen und ihren anorganischen Verbindungen der Kategorie 1A oder 1B ein hohes Risiko gemäß TRGS 910 „Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen“ auftreten kann. Dies gilt für Stoffe mit einer Exposition oberhalb der Toleranzkonzentration. Unbeschadet der Vorgaben der TRGS 910 ist es das vorrangige Ziel dieser TRGS, eine Exposition unterhalb der Toleranzkonzentration zu erreichen. Je höher die Konzentration eines krebserzeugenden Stoffes am Arbeitsplatz ist, desto höher ist das Erkrankungsrisiko und entsprechend dringlicher die Notwendigkeit zusätzlicher Risikominierungsmaßnahmen. In dieser TRGS werden dem Arbeitgeber Hilfestellungen gegeben, wie er mindestens eine Absenkung in den Bereich unterhalb der Toleranzkonzentration erreichen kann. Anzustreben ist die Unterschreitung der Akzeptanzkonzentration. Deshalb werden auch Hinweise gegeben, welche Maßnahmen im Bereich mittleren und geringen Risikos zu treffen sind. Diese TRGS dient damit der Umsetzung des Minimierungsgebotes gemäß § 7 GefStoffV. Weitere branchenspezifische Informationen enthalten Branchenregeln bzw. Handlungshilfen der Unfallversicherungsträger<sup>1</sup> die notwendigen Maßnahmen (Kombinationsmodell).

(2) Diese TRGS gilt auch für Tätigkeiten mit Exposition gegenüber krebserzeugenden Metallen und ihren anorganischen Verbindungen der Kategorie 1A oder 1B mit Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) oder risikobasiertem Beurteilungsmaßstab (BM).

(3) Diese TRGS konkretisiert die besonderen Schutzmaßnahmen nach § 10 GefStoffV und das Maßnahmenkonzept sowie die Anforderungen der TRGS 910 hinsichtlich der Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen und ihren anorganischen Verbindungen.

(4) Diese TRGS betrifft insbesondere folgende Branchen und Bereiche:

1. Nichteisenmetall-Metallerzeugung,
2. Hartmetallproduktion,
3. Roheisen- und Stahlerzeugung,
4. Galvanik und Beschichtung mit Chromaten,
5. Batterieherstellung,
6. Recycling,
7. Herstellung und Verwendung von Katalysatoren und Pigmenten.

(5) In der Praxis wird es vergleichbare Tätigkeiten mit Expositionen gegenüber krebserzeugenden Metallen und ihren anorganischen Verbindungen geben, die sich nicht einer der genannten Branchen zuordnen lassen. Für diese Bereiche gilt diese TRGS gleichermaßen.

(6) Unbeschadet der Festlegungen in dieser TRGS sind die REACH-Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 und § 16 Absatz 2 GefStoffV (Herstellungs- und Verwendungsbeschränkungen) zu beachten. Insbesondere ist zu prüfen, ob die Tätigkeiten im Sinne dieser TRGS von Zulassungspflichten oder Herstellungs- und Verwendungsbeschränkungen betroffen sind.

(7) Diese TRGS gilt nicht für Tätigkeiten der schweißtechnischen Praxis wie Schweißen, Schneiden und verwandte Verfahren an metallischen Werkstoffen, bei denen gas- und partikelförmige Gefahrstoffe entstehen können. Hierfür gilt die TRGS 528 „Schweißtechnische Ar-

---

<sup>1</sup> Siehe Nummer 5 und Literatur.

beiten“. Sofern in der vorliegenden TRGS Hinweise auf eine Exposition gegenüber krebserzeugenden Metallen beim Schweißen gegeben werden, ist entsprechend die TRGS 528 maßgeblich.

(8) Diese TRGS gilt nicht für Labortätigkeiten mit laborüblichen Mengen unter Einhaltung der Anforderungen der TRGS 526 „Laboratorien“. Hierfür gilt die TRGS 526.

## 2 Begriffsbestimmungen

(1) In dieser TRGS sind die Begriffe so verwendet, wie sie im „Begriffsglossar zu den Regelwerken der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV), Biostoffverordnung (BioStoffV) und GefStoffV des ABAS, ABS und AGS“ bestimmt sind<sup>2</sup>.

(2) Ein niedriges Risiko liegt unterhalb der Akzeptanzkonzentration vor, das mittlere Risiko umfasst den Bereich zwischen der Akzeptanz- und der Toleranzkonzentration. Ein hohes Risiko besteht oberhalb der Toleranzkonzentration, des AGW oder des Beurteilungsmaßstabes.

(3) Im Übrigen sind in dieser TRGS Begriffe in folgendem Sinn verwendet. Krebserzeugende Metalle und anorganische Verbindungen sind:

1. Krebserzeugende Metalle der Kategorie 1A oder 1B und ihre anorganischen Verbindungen, für die eine Exposition-Risiko-Beziehung (ERB) samt Toleranzkonzentration und Akzeptanzkonzentration gemäß des Risikokonzepts nach TRGS 910, ein risikobezogener Beurteilungsmaßstab<sup>3</sup> oder ein AGW gemäß TRGS 900 abgeleitet wurde.
2. Metalle und ihre anorganischen Verbindungen ohne ERB, die gemäß der CLP-Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 als karzinogen (krebserzeugend) der Kategorie 1A oder 1B oder der TRGS 905 „Verzeichnis krebserzeugender Tätigkeiten oder Verfahren nach § 3 Abs. 2 Nr. 3 GefStoffV“ als krebserzeugend der Kategorie 1A oder 1B eingestuft sind.<sup>4</sup>
3. In der CLP-Verordnung und in der TRGS 905 nicht genannte, aber auf dem Markt befindliche Metalle oder ihre anorganischen Verbindungen, die der Hersteller bzw. Importeur als krebserzeugend der Kategorie 1A oder 1B eingestuft hat (gemäß Sicherheitsdatenblatt).
4. Legierungen und Gemische, die wegen ihres Gehaltes an krebserzeugenden Metallen und ihren anorganischen Verbindungen als krebserzeugend der Kategorie 1A oder 1B eingestuft sind ( $\geq 0,1$  Gew.%, bzw. spez. Konzentrationsgrenze in Anhang VI, Tabelle 3 der CLP-Verordnung). Legierungen können grundsätzlich als homogene Gemische der enthaltenen Metalle betrachtet werden.

(4) Auch aus nicht eingestuften Stoffen, Erzen/Gemischen/Legierungen und Erzeugnissen können bei bestimmten Tätigkeiten krebserzeugende Metalle und ihre anorganischen Verbindungen entstehen oder freigesetzt werden, z.B. durch thermische oder mechanische Bearbeitungsverfahren.

(5) Im Folgenden werden in dieser TRGS die krebserzeugenden Metalle und ihre anorganischen Verbindungen als „krebserzeugende Metalle“ bezeichnet.

---

<sup>2</sup> [https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/Glossar/Glossar\\_node.html](https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/Glossar/Glossar_node.html).

<sup>3</sup> <https://www.baua.de/DE/Aufgaben/Geschaeftsfuehrung-von-Ausschuessen/AGS/Beurteilungsmaassstaebe.html>.

<sup>4</sup> <https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRGS/TRGS-905.html>.

(6) Kriterium für die Aufnahme als Verfahren und Tätigkeit mit relevanter Exposition in diese TRGS ist das Vorhandensein von Daten, die eine Bewertung hinsichtlich der Einhaltung der jeweiligen Beurteilungsmaßstäbe (Toleranzkonzentration, AGW, Beurteilungsmaßstab) ermöglichen.

### **3 Informationsermittlung und Gefährdungsbeurteilung**

#### **3.1 Allgemeine Hinweise zu Gefährdungen bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen**

(1) Der Arbeitgeber hat gemäß §§ 5 und 6 Arbeitsschutzgesetz und nach § 6 GefStoffV eine Gefährdungsbeurteilung zu erstellen und zu dokumentieren. Dabei sind die in der TRGS 400 „Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“, TRGS 401 „Gefährdung durch Hautkontakt – Ermittlung, Beurteilung, Maßnahmen“, TRGS 402 „Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition“ und TRBA/TRGS 406 „Sensibilisierende Stoffe für Atemwege“ beschriebenen Vorgehensweisen zu berücksichtigen. Dazu hat er vor Beginn der Tätigkeiten festzustellen, ob krebserzeugende Metalle oder metallische Verbindungen entstehen oder freigesetzt werden können. In diesem Zusammenhang ist auch auf Anreicherungseffekte bei thermischen Prozessen z.B. in Filterstäuben zu achten. Der Arbeitgeber darf eine Tätigkeit erst aufnehmen lassen, nachdem die Gefährdungsbeurteilung durchgeführt und die erforderlichen Schutzmaßnahmen getroffen wurden.

(2) Dabei ist zu prüfen und zu dokumentieren, ob auf krebserzeugende Metalle verzichtet oder ob durch Änderung des Arbeitsverfahrens oder der Arbeitsmittel eine Freisetzung vermindert werden kann. Bei geeigneten Alternativen sind diese anzuwenden (siehe § 6 GefStoffV und TRGS 600 „Substitution“).

(3) Bei Tätigkeiten mit nicht-krebserzeugenden Gefahrstoffen werden gesundheitsbasierte Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) als zulässige Konzentration, der Beschäftigte am Arbeitsplatz maximal ausgesetzt sein dürfen, festgesetzt. AGW werden auch für einige krebserzeugende Stoffe abgeleitet; für diese ist zusätzlich § 10 GefStoffV zu beachten.

(4) Für krebserzeugende Metalle mit ERB finden sich die Toleranzkonzentrationen und Akzeptanzkonzentrationen in der TRGS 910.

(5) Wenn die Angabe einer Toleranzkonzentration nicht möglich ist, kann an deren Stelle auch ein risikobasierter Beurteilungsmaßstab im Sinne der Bekanntmachung des BMAS treten.

(6) Der Arbeitgeber stellt im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung einen Maßnahmenplan auf, in dem er konkret beschreibt, mit welchen Maßnahmen und in welchem Ausmaß eine weitere Expositionsminderung erreicht werden soll. Im Bereich hohen Risikos ist in dem Maßnahmenplan darzulegen, wie innerhalb von drei Jahren die Toleranzkonzentration/der Beurteilungsmaßstab in der Luft am Arbeitsplatz unterschritten werden soll. Dabei sind die in dieser TRGS beschriebenen Maßnahmen umzusetzen.

(7) In einigen Bereichen wird es nach derzeitigem Kenntnisstand auch bei Umsetzung der in dieser TRGS beschriebenen, anlagen- und verfahrensbezogenen Maßnahmen nicht möglich sein, den AGW, die Toleranzkonzentration oder den Beurteilungsmaßstab zu unterschreiten. In diesen Fällen müssen die Beschäftigten durch eine geeignete Maßnahmenkombination aus technischen, organisatorischen und zuletzt auch persönlichen Schutzmaßnahmen ausreichend geschützt werden (siehe hierzu auch Nummer 4.1 Absatz 8, Persönliche Schutzausrüstung).

(8) Ziel des risikobezogenen Maßnahmenkonzepts ist es, eine Exposition unterhalb der Akzeptanzkonzentration zu erreichen. Der Arbeitgeber hat nach diesem Konzept eine Priorisierung der durchzuführenden Maßnahmen vorzunehmen. Je höher die Konzentration, desto dringlicher ist die Notwendigkeit zusätzlicher, betrieblicher Minimierungsmaßnahmen.

(9) Die Maßnahmen dieser TRGS sind an den krebserzeugenden Eigenschaften der Metalle ausgerichtet. Unbeschadet davon sind bei der Gefährdungsbeurteilung mögliche andere, spezifische Gefährdungen durch diese Stoffe (z.B. sensibilisierende Wirkungen oder physikalisch-chemische Gefahren wie Explosionsgefahren) zu berücksichtigen.

(10) Basis für die in dieser TRGS genannten Schutzmaßnahmen sind Auswertungen von Arbeitsbereichen, insbesondere aus der IFA-Expositionsdatenbank "Messdaten zur Exposition gegenüber Gefahrstoffen am Arbeitsplatz" (MEGA-Datenbank) und aus der Industrie. Die ausgewählten Tätigkeiten stehen stellvertretend für Bereiche mit Expositionen hohen und mittleren Risikos gegenüber krebserzeugenden Metallen. Dies können auch Bereiche sein, in denen die Entstehung oder Freisetzung der Metalle bekanntermaßen während des angewendeten Verfahrens erfolgt.

(11) Die Ermittlung und Bewertung der inhalativen Exposition am konkreten Arbeitsplatz hat nach TRGS 402 zu erfolgen.

(12) Sind die Konzentrationen krebserzeugender Metalle in einem Gemisch bekannt (z.B. wenn die Staubzusammensetzung in der Luft identisch mit der Zusammensetzung des verarbeiteten Gemisches ist), kann ausgehend von der Konzentration des gemessenen E- oder A-Staubes (E = einatembare Staub, A = alveolengängiger Staub) in einigen Fällen die Konzentration des Metalls rechnerisch ermittelt werden. Das ist z. B. häufig im Bereich der Pulververarbeitung der Fall. Liegt der errechnete Wert unterhalb der Akzeptanzkonzentration, müssen für diese Arbeitsbereiche keine weiteren zusätzlichen Schutzmaßnahmen zur Verringerung der inhalativen Exposition ergriffen werden.

(13) Bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen ist zu beachten, dass nur ein Teil der Belastung des Beschäftigten durch Einatmen von krebserzeugenden Metallen verursacht wird. Auch eine orale Aufnahme (z.B. durch Hand-Mund-Kontakt) ist möglich und ist durch Anwendung geeigneter Hygiene-Maßnahmen (siehe Nr. 4.1 dieser TRGS) zu minimieren. Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung ist auch eine dermale Gefährdung zu beurteilen (siehe TRGS 401).

(14) Die Ermittlung der Belastung durch krebserzeugende Metalle mittels Biomonitoring im Rahmen der arbeitsmedizinischen Vorsorge einschließlich etwaiger Untersuchungen kann unabhängig von der Konzentration in der Luft am Arbeitsplatz von entscheidender Bedeutung sein. Die Erfahrungen bei verschiedenen Metallen zeigen, dass die Belastung in Blut oder Urin in hohem Maße von der betrieblichen und persönlichen Hygiene sowie von persönlichen Verhaltensweisen abhängt. Erkenntnisse aus dem Biomonitoring sind daher ein wichtiges, ergänzendes Werkzeug zur Wirksamkeitskontrolle der Schutzmaßnahmen (vgl. Nummer 6 und Arbeitsmedizinische Regel AMR 6.2). Bei der Durchführung von Biomonitoring bedarf es der Einwilligung des Beschäftigten. Bei Verwendung von Expositionsäquivalenten für krebserzeugende Arbeitsstoffe (EKA-Korrelation) ist darauf zu achten, dass die Luftkonzentrationen im Anwendungsbereich der EKA-Korrelation liegen. Das ist insbesondere bei der Akzeptanzkonzentration meist nicht der Fall.

(15) Der Arbeitgeber hat nach § 15 GefStoffV Fremdfirmen über Gefährdungen von Beschäftigten und spezifische Verhaltensregeln zu informieren, wenn eine Exposition gegenüber krebserzeugenden Metallen nicht sicher auszuschließen ist. Dies ist insbesondere bei folgenden Tätigkeiten der Fall:

1. Instandhaltung,
2. Gebäudereinigung,
3. Straßenreinigung,
4. Transport und Waschen verschmutzter Arbeitskleidung,
5. Reinigung von Atemschutzgeräten und weiterer persönlicher Schutzausrüstung.

### 3.2 Messtechnische Hinweise

(1) Bei den bisher vorliegenden Messungen von Metallen wurde überwiegend die E-Fraktion (einatembare Staub) bestimmt. Daher ist bei der Gefährdungsbeurteilung zu prüfen, ob die vorhandenen E-Staub-Messwerte mit den Beurteilungsmaßstäben für die Metalle, welche sich oft auf die A-Fraktion (alveolengängiger Staub) beziehen, verglichen werden können. Informationen über die Partikelgröße an den konkreten Arbeitsplätzen sollten hierbei mit betrachtet werden. Liegen keinerlei Informationen über den Anteil des A-Staubes im gemessenen E-Staub vor, sollte als konservative Abschätzung der gesamte E-Staub wie A-Staub bewertet werden. Anstelle einer solchen Annahme empfehlen sich neue Messungen. Dabei ist die Fraktion zu bewerten, auf die sich der jeweilige Beurteilungsmaßstab bezieht.

(2) Für einige Stoffe haben sich in letzter Zeit durch methodische Weiterentwicklungen deutlich niedrigere Bestimmungsgrenzen ergeben. Dies trifft insbesondere auf Chrom(VI)-Verbindungen zu. Bei der Bewertung älterer Messungen ist dies zu berücksichtigen. Liegen ältere Messergebnisse vor, bei denen die Bestimmungsgrenze oberhalb des Beurteilungsmaßstabes liegt, wird zur Bewertung der Expositionssituation empfohlen, zumindest orientierende Messungen unter Verwendung der neueren, nachweisstärkeren Messverfahren durchzuführen. Der AGS veröffentlicht geeignete Messverfahren vorrangig von krebserzeugenden Stoffen in Form einer Liste<sup>5</sup>.

(3) Bei gleichzeitigem Auftreten mehrerer krebserzeugender Metalle kann in begründeten Fällen, z.B. wenn die Zusammensetzung der Stoffe in der Luft am Arbeitsplatz bekannt ist, eine Leitkomponente gemessen werden. Die Leitkomponente ist das Metall mit dem größten Stoffindex nach TRGS 402. Dabei ist die jeweils zu beurteilende Staubfraktion zu berücksichtigen. Die Begründung für diese Vorgehensweise ist in der Gefährdungsbeurteilung zu dokumentieren. Darüber hinaus sind bekannte Wechsel- und Kombinationswirkungen zu berücksichtigen<sup>6</sup>.

(4) Eine Unterscheidung der Verbindungen bzw. Oxidationsstufen ist bei der Bestimmung von Metallen problematisch, besonders im Bereich der zu beurteilenden, niedrigen Konzentrationen. Bei der Beurteilung der Messergebnisse muss daher darauf geachtet werden, dass mit den beschriebenen Methoden zwar sehr niedrige Metallkonzentrationen in der Luft am Arbeitsplatz quantitativ nachgewiesen werden können, die Quantifizierung sich aber auf den Gesamtgehalt des Metalls in der Verbindung bezieht. Im Allgemeinen ist bei der Expositionsbeurteilung davon auszugehen, dass Metallverbindungen vorliegen, es sei denn, die Gefährdungsbeurteilung belegt etwas anderes. Analytisch wird in der Regel der Gesamtmetallgehalt bestimmt. Eine Ausnahme bildet Chrom; hier ist ein gezielter Nachweis der Chrom(VI)-Verbindungen möglich.

---

<sup>5</sup> <http://www.baua.de/dok/8667860>.

<sup>6</sup> Nach derzeitigem Stand sind für den Anwendungsbereich dieser TRGS keine entsprechenden Wirkungen belegt bzw. in der TRGS 900 oder TRGS 910 aufgeführt.

### 3.3 Stoffspezifische Informationen und Hinweise

(1) Eine Zusammenstellung der Beurteilungsmaßstäbe aller für diese TRGS relevanten Metalle findet sich in Tabelle 1.

(2) Die Höhe der inhalativen Exposition hat der Arbeitgeber durch Arbeitsplatzmessungen oder durch andere geeignete Ermittlungsmethoden zu bestimmen. Messergebnisse vergleichbarer Arbeitsplätze und Tätigkeiten können, wenn die Messungen nach den Vorgaben der TRGS 402 durchgeführt und protokolliert wurden, zur Gefährdungsbeurteilung herangezogen werden.

(3) In Ergänzung dazu sind bei Expositionen gegenüber krebserzeugenden Metallen für die Gefährdungsbeurteilung und die Auswahl der Schutzmaßnahmen stoffspezifische Informationen notwendig. Das betrifft z.B. den Geltungsbereich der Beurteilungsmaßstäbe, eventuelle Einstufungen zu nicht-krebserzeugenden Wirkungen und Hinweise zur Bedeutung des Biomonitoring.

(4) Beschränkungen und Verwendungsverbote sind europaweit einheitlich in der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH-Verordnung) geregelt. Die Verwendungsbeschränkungen für Metalle sind in Anhang XVII in den Nummern 19, 23 und 27, zulassungspflichtige Stoffe in Anhang XIV gelistet. Zudem sind die nationalen Regelungen zu Herstellungs- und Verwendungsbeschränkungen nach § 16 GefStoffV in Verbindung mit Anhang II Nr. 6 („Besonders gefährliche krebserzeugende Stoffe“) zu beachten.

**Tabelle 1:** Beurteilungsmaßstäbe für krebserzeugende Metalle

Stoff	Beurteilungsmaßstab	Überschreitungsfaktor	Quelle
Arsenverbindungen, als Carc. 1A, Carc. 1B eingestuft	TK 8,3 µg/m <sup>3</sup> (E) AK 0,83 µg/m <sup>3</sup> (E)	8	TRGS 910
Beryllium und Berylliumverbindungen	AGW 0,14 µg/m <sup>3</sup> (E) AGW 0,06 µg/m <sup>3</sup> (A)	1	TRGS 900
Cadmium und anorganische Cadmiumverbindungen, als Carc. 1A, Carc. 1B eingestuft	TK 1,0 µg/m <sup>3</sup> (E) AK 0,16 µg/m <sup>3</sup> (A)	8	TRGS 910
Chrom (VI)-Verbindungen	BM 1,0 µg/m <sup>3</sup> (E)	8	TRGS 910
Cobalt und Cobaltverbindungen, als Carc. 1A, Carc. 1B eingestuft	TK 5,0 µg/m <sup>3</sup> (A) AK 0,5 µg/m <sup>3</sup> (A)	8	TRGS 910
Nickelverbindungen, als Carc. 1A, Carc. 1B eingestuft	TK 6,0 µg/m <sup>3</sup> (A)* AK 6,0 µg/m <sup>3</sup> (A)	8	TRGS 910

#### Erläuterungen:

TK Toleranzkonzentration  
 AK Akzeptanzkonzentration  
 AGW Arbeitsplatzgrenzwert  
 BM Beurteilungsmaßstab, risikobasiert  
 (A) Alveolengängige Fraktion  
 (E) Einatembare Fraktion

\* Die Toleranzkonzentration wurde aufgrund der nicht krebserzeugenden Wirkung festgelegt. Dieser Wert stimmt in diesem Fall mit der Höhe der Akzeptanzkonzentration überein, der Bereich des mittleren Risikos entfällt damit.

### 3.3.1 Arsenverbindungen

- (1) Die ERB-Ableitung für Arsenverbindungen gilt für alle als krebserzeugend Kategorie 1A oder 1B eingestuften Arsenverbindungen. Sie gilt nicht für Arsentrisulfid (nahezu wasserunlöslich), Galliumarsenid (keine Übertragbarkeit der Wirkungsweise von anderen anorganischen Arsenverbindungen möglich) sowie für Arsen-Metall (nicht als krebserzeugend eingestuft).
- (2) Die ERB gilt für die einatembare Fraktion.
- (3) Am Arbeitsplatz ist die inhalative Aufnahme von Bedeutung, jedoch sollte auch eine mögliche orale Belastung durch Hand-zu-Mund-Kontakt mit berücksichtigt werden. Die dermale Aufnahme ist dagegen nur von untergeordneter Bedeutung.
- (4) Arsenverbindungen finden sich wegen ihrer chemischen Verwandtschaft zu Zink und Kupfer in Rohstoffen für die Zink-, Blei- und Kupferherstellung. Arsenverbindungen finden Anwendung unter anderem bei der Glas- und Zinkherstellung sowie in Elektronikkomponenten.
- (5) Für Arsenverbindungen ist das Biomonitoring von Bedeutung (siehe 6.3). Allerdings ist die Korrelation zur arbeitsplatzbedingten Exposition häufig durch außerbetriebliche Faktoren beeinflusst (insbesondere Essgewohnheiten). Bei der Durchführung der Untersuchung ist daher vor allem auf die Einhaltung der Fischkarenz zu achten (48 Stunden vor Probenahme kein Fisch- oder Meeresfrüchtekonsum)<sup>7</sup>.
- (6) Für Arsentrioxid wurden (vorläufige) Expositionsäquivalente für krebserzeugende Arbeitsstoffe (EKA-Korrelation) zwischen Luftbelastung und Urinausscheidung abgeleitet. Hierbei entsprechen 10 µg/m<sup>3</sup> Arsen in der Luft einer Arsenkonzentration im Urin von 51 µg/l. Entsprechend der ERB wäre der biologische Leitwert etwa mit einem Risiko von 5:1000 assoziiert.
- (7) Expositionen gegenüber Arsenverbindungen betreffen in der Weiterverarbeitung vor allem Arsentrioxid. Im Bereich der Glasherstellung wird Arsentrioxid bei der Herstellung von Spezialgläsern eingesetzt. Die Schichtmittelwerte liegen typischerweise unterhalb der Toleranzkonzentration. Ähnlich sieht die Expositionssituation bei der Zinkherstellung aus.

### 3.3.2 Beryllium und Berylliumverbindungen

- (1) Für Beryllium und seine anorganischen Verbindungen sind AGW abgeleitet worden. Beryllium ist als krebserzeugend der Kategorie 1B eingestuft. Die krebserzeugenden Effekte treten aber gegenüber den Effekten an den Atmungsorganen (chronische Berylliose) in den Hintergrund. Dennoch ist bei Tätigkeiten mit Beryllium zusätzlich § 10 GefStoffV zu beachten. Im Vordergrund für die Verursachung von Beryllium-assoziierten Effekten stehen Beryllium und Berylliumoxid.
- (2) Für Beryllium wurde als AGW sowohl ein E- als auch ein A-Wert abgeleitet. Bei Kondensation von Metaldampf oder Tätigkeiten mit flüssigen berylliumhaltigen Legierungen überwiegt der A-Anteil, so dass hier die Einhaltung des A-Wertes ausreicht. Stäube aus anderen Quellen enthalten Beryllium überwiegend im E-Anteil, so dass hier die Einhaltung des E-Wertes ausreicht. Bei Überschreitung des AGW können Maßnahmen aus dem Bereich des mittleren und/oder des hohen Risikos gemäß 4.1 Absatz 7 bzw. 8 dieser TRGS geeignet sein, um die Grenzwertunterschreitung zu erreichen.

---

<sup>7</sup> Bekanntmachung des Umweltbundesamtes, Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz 2009 · 59:77–982.

- (3) Aufgrund der sensibilisierenden Wirkung von Beryllium sind besondere Schutzmaßnahmen bei Hautkontakt mit berylliumhaltigen Lösungen oder Salzen notwendig (siehe hierzu TRGS 401). Dies gilt insbesondere bei Wunden oder Verletzungen, damit keine berylliumhaltigen Partikel in den Körper gelangen können. Besondere Schutzmaßnahmen bei Hautkontakt mit massiven berylliumhaltigen Legierungen sind nicht notwendig.
- (4) Arbeitsplätze, an denen mit einer Berylliumexposition oberhalb des AGW zu rechnen ist, finden sich nach berufsgenossenschaftlichen Erfahrungen in den industriellen Bereichen der Herstellung und Verarbeitung berylliumhaltiger Legierungen (insbesondere Be/Cu-Legierungen), der Keramikindustrie, Scheidereien und Al- und Mg-Schmelzereien.
- (5) Empfehlungen für Arbeitsmediziner zu Tätigkeiten und zur Prävention einer chronischen Berylliose enthält auch die S3-Leitlinie „Gesundheitsüberwachung bei Beryllium-Exposition und diagnostisches Vorgehen bei Beryllium-assoziiierter Erkrankung“<sup>8</sup>.
- (6) Eine Übersicht zur Expositionssituation in den Jahren 2000 bis 2011 mit Messungen aus 49 Branchen und 103 Arbeitsbereichen für eine Expositionsdauer von mehr als sechs Stunden enthält die MEGA-Auswertung zur Erstellung von Expositionsszenarien für Beryllium und seine Verbindungen aus dem Jahr 2013<sup>9</sup>. In dieser Auswertung liegt der Großteil der Messergebnisse unterhalb der analytischen Bestimmungsgrenze, die damals über dem jetzigen AGW für die E-Fraktion lag.

### 3.3.3 Cadmium und Cadmiumverbindungen

- (1) Die ERB-Ableitung für Cadmium und seine Verbindungen gilt für das Metall und alle als krebserzeugend eingestuftten Verbindungen. Relevant davon sind insbesondere Cadmium, Cadmiumoxid, Cadmiumhydroxid und Cadmiumcarbonat. Einige schwerlösliche Cadmiumverbindungen sind nicht als krebserzeugend eingestuft (z.B. CdTe, xCdS·yCdSe und xCdS·yZnS). Cadmiumchlorid fällt nicht in den Anwendungsbereich dieser TRGS. Es gilt § 16 Absatz 2 GefStoffV in Verbindung mit Anhang II Nr. 6, wonach festgelegt ist, dass dieser Stoff nur in geschlossenen Anlagen hergestellt oder verwendet werden darf.
- (2) Für die Ableitung des A-Staub-Wertes (Akzeptanzkonzentration) sind die krebserzeugenden Effekte herangezogen worden, für die Ableitung des E-Staub-Wertes (Toleranzkonzentration) die nierentoxischen Effekte. Generell ist an den Stellen, an denen ein großer Anteil des Staubes durch Kondensation von Cadmium-Dampf entsteht, mit einem hohen A-Staub-Anteil zu rechnen. An Arbeitsplätzen, an denen mit flüssigem, metallischem Cadmium gearbeitet wird, ist ebenfalls von einem überwiegenden A-Staub-Anteil auszugehen und dieser vornehmlich zur Beurteilung heranzuziehen. Dasselbe gilt für Aerosole aus Lösungen, die lösliche Cadmium-Verbindungen, z.B. CdSO<sub>4</sub>, enthalten sowie bei Tätigkeiten mit cadmiumhaltigen Filterstäuben. Stäube aus anderen Quellen enthalten Cadmium überwiegend im E-Staub.
- (3) Am Arbeitsplatz gelangt Cadmium überwiegend auf inhalativem Weg in den Körper, jedoch soll auch eine mögliche orale Belastung durch Hand-zu-Mund-Kontakt mit berücksichtigt werden. Die dermale Aufnahme ist dagegen nur von untergeordneter Bedeutung.
- (4) Cadmium ist in den Rohstoffen der Zink-Primärherstellung enthalten. Wesentliche Anwendungen liegen im Bereich der Batterieherstellung und in der Halbleiterproduktion. In der

<sup>8</sup> S3-Leitlinie „Gesundheitsüberwachung bei Beryllium-Exposition und diagnostisches Vorgehen bei Beryllium assoziierter Erkrankung“: <http://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/002-032.html>.

<sup>9</sup> MEGA-Auswertungen zur Erstellung von REACH-Expositionsszenarien für Beryllium und seine Verbindungen: [http://www.dguv.de/medien/ifa/de/fac/reach/mega\\_auswertungen/beryllium\\_und\\_seine\\_verbindungen-2.pdf](http://www.dguv.de/medien/ifa/de/fac/reach/mega_auswertungen/beryllium_und_seine_verbindungen-2.pdf).

Luft- und Raumfahrt, in der Wehrtechnik sowie in kerntechnischen Anlagen können noch Bauteile gefertigt werden, bei denen Cadmium unter anderem zur Beschichtung eingesetzt wird. Cadmium findet sich außerdem beim Recycling von Kunststoffen (Cd-Stabilisatoren) und Elektroschrott und der Herstellung von Solar-Panels.

(5) Cadmium wird in der Leber und in den Nieren gespeichert. Resorbiertes Cadmium wird sehr verzögert mit dem Urin und dem Stuhl ausgeschieden. Die biologische Halbwertszeit beträgt dabei zehn bis 20 Jahre. Schädigungen der Niere sind neben der krebserzeugenden Wirkung der wichtigste Effekt einer chronischen Belastung mit Cadmium. Der europäische wissenschaftliche Ausschuss für Grenzwerte berufsbedingter Exposition (SCOEL) hat einen biologischen Grenzwert (BLV) im Urin von 2 µg/g Kreatinin vorgeschlagen.<sup>10, 11</sup>

(6) Einen Überblick zur arbeitsbedingten Exposition gegenüber Cadmium gibt eine Publikation aus dem Jahr 2011<sup>12</sup>. Expositionen am Arbeitsplatz gegenüber Cadmium entstehen bei der Zinkgewinnung, dem Recycling von Elektro- und Elektronikgeräten, beim Entfernen cadmiumhaltiger Anstriche oder beim Schweißen cadmiumhaltiger Legierungen.

### 3.3.4 Chrom(VI)-Verbindungen

(1) Chrom(VI)-Verbindungen sind mit Ausnahme von Bariumchromat und den in Anhang VI der CLP-Verordnung namentlich aufgeführten Verbindungen als krebserzeugend der Kategorie 1B sowie als haut- und teilweise als atemwegsensibilisierend der Kategorie 1 eingestuft. Die wichtigsten Chrom(VI)-Verbindungen sind Chrom(VI)-oxid (CrO<sub>3</sub>), die Chromate (CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) und die Dichromate (Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup>).

(2) Für Chrom(VI)-Verbindungen konnte keine ERB abgeleitet werden. Anzuwenden ist der risikobezogene Beurteilungsmaßstab von 1 µg/m<sup>3</sup> für die einatembare Fraktion. Bei einer Exposition von 1 µg/m<sup>3</sup> über das gesamte Arbeitsleben ergibt sich ein zusätzliches statistisches Lungenkrebsrisiko in der Größenordnung von ca. 4:1000. Bei einer Konzentration oberhalb 1 µg/m<sup>3</sup> liegt ein hohes Risiko vor, bei einer Konzentration kleiner 1 µg/m<sup>3</sup> ein nicht quantifizierbares, niedrigeres Risiko<sup>13</sup>. Eine sichere Einhaltung des Beurteilungsmaßstabes ist entsprechend DIN EN 689:1995-04 bei einer Unterschreitung von 0,1 µg/m<sup>3</sup> (entspricht 10 % des Beurteilungsmaßstabes) gewährleistet. Ein geeignetes Verfahren zum messtechnischen Nachweis liegt derzeit nicht vor, da die Bestimmungsgrenze derzeit oberhalb von 0,1 µg/m<sup>3</sup> liegt.<sup>14</sup> Die Reduzierung der Exposition auf Werte unterhalb der aktuellen Bestimmungsgrenze ist anzustreben.

(3) Aufgrund der hautsensibilisierenden Eigenschaften sind besondere Schutzmaßnahmen bei Hautkontakt mit Chrom(VI)-Verbindungen notwendig (siehe TRGS 401). Ebenfalls in der Gefährdungsbeurteilung zu berücksichtigen sind die atemwegsensibilisierenden Eigenschaften von Chrom(VI)-Verbindungen (siehe TRBA/TRGS 406).

<sup>10</sup> SCOEL, List of recommended health-based biological limit values (BLVs) and biological guidance values (BGVs), Juni 2014, <http://ec.europa.eu/social/BlobServlet?docId=12629&langId=en>.

<sup>11</sup> Siehe Nummer 6.3.

<sup>12</sup> Arbeitsbedingte Expositionen gegenüber krebserzeugenden, erbgutverändernden oder fortpflanzungsgefährdenden Substanzen in Deutschland - Teil 1: Cadmium und seine Verbindungen. Gefahrstoffe - Reinhalt. Luft 71 (2011) Nr. 1/2, S. 47-56.

<sup>13</sup> siehe Begründung zum Beurteilungsmaßstab Chrom(VI): „Ein erhöhtes Krebsrisiko bei niedrigeren Expositionen kann zwar nicht ausgeschlossen werden, ist aber durch epidemiologische Daten nicht belegt.“

<sup>14</sup> <https://www.baua.de/dok/8667860>.

(4) Der größte Anwendungsbereich von Chrom(VI)-Verbindungen liegt im Bereich der funktionellen und dekorativen Beschichtung von Oberflächen. Die dabei zur Anwendung kommenden Techniken sind vielfältig und betreffen eine Vielzahl von Branchen. Die Mehrzahl der Beschichtungen wird dabei über galvanische Verfahren realisiert (Hart- und Glanzverchromung). Chromathaltige Beschichtungsstoffe kommen noch in der Luft- und Raumfahrt, in der Wehrtechnik sowie in kerntechnischen Anlagen zum Einsatz. Außerdem werden bei Schienenfahrzeugen noch Beschichtungen mit Anteilen von Strontiumchromat durchgeführt. Für weitere Informationen zur Substitution chromathaltiger Beschichtungsstoffe kann die TRGS 602 „Ersatzstoffe und Verwendungsbeschränkungen – Zinkchromate und Strontiumchromat als Pigmente für Korrosionsschutz – Beschichtungsstoffe“ herangezogen werden.

(5) Eine Übersicht zur Expositionssituation in den Jahren 2000 bis 2009 mit über 4500 Messwerten liefert die MEGA-Auswertung zur Erstellung von Expositionsszenarien für Chrom(VI)-Verbindungen<sup>15</sup>. Davon lagen knapp 3000 Messwerte unterhalb der im Datenzeitraum ausreichenden analytischen Bestimmungsgrenze.<sup>16</sup> Relevant ist eine Exposition gegenüber Chrom(VI)-Verbindungen insbesondere in der Galvanik und bei thermischer Verarbeitung chromhaltiger Stähle. Für den Bereich Hartmetallarbeitsplätze liefert die DGUV Information 213-724 (Empfehlungen Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (EGU) nach der GefStoffV)<sup>17</sup> auch Informationen zur Exposition gegenüber Chrom und seinen Verbindungen. Eine Exposition gegenüber Chrom(VI)-Verbindungen spielt bei Hartmetallarbeitsplätzen demnach keine Rolle.

### 3.3.5 Cobalt und Cobaltverbindungen

(1) Die ERB-Ableitung gilt für Cobalt-Metall, anorganische Cobalt-Verbindungen und cobalthaltiges Hartmetall. Entsprechend der Einstufung von Cobalt in der TRGS 905 als krebs-erzeugend Kategorie 1B wird Hartmetall auch entsprechend eingestuft, wenn der Gehalt an Cobalt in dem Gemisch  $\geq 0,1$  % beträgt.

(2) Die ERB gilt für die alveolengängige Fraktion.

(3) Aufgrund der hautsensibilisierenden Eigenschaften sind besondere Schutzmaßnahmen bei Hautkontakt mit Cobalt und Cobaltverbindungen notwendig (siehe TRGS 401). Ebenfalls in der Gefährdungsbeurteilung zu berücksichtigen sind die atemwegsensibilisierenden Eigenschaften von Cobalt und seinen Verbindungen (siehe TRBA/TRGS 406).

(4) Cobalt und Cobaltverbindungen werden in der Katalysatorindustrie, in der Galvanik, bei der Herstellung und Verwendung von Chemikalien, Hartmetallen, Magneten, NE-Metalllegierungen, Sinterlegierungen und anderen hitze- und korrosionsbeständigen Legierungen und Teilen, anorganischen Pigmenten, Farben, Glas, Keramik und bei der Batterieherstellung sowie beim thermischen Spritzen eingesetzt. Außerdem wird Cobalt bei der Herstellung von Kunststoffen und Dentallegierungen verwendet. Cobalthaltiger Feinstaub kann insbesondere bei der Verwendung von Pulvern, beim Schweißen sowie bei der Oberflächenbehandlung und mechanischen Bearbeitung von cobalthaltigen Werkstücken/Legierungen entstehen. Dort treten auch höhere Staubkonzentrationen bei Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten an den Luftfilteranlagen auf. Cobaltsulfat wird auch in Biogasanlagen in Spurenelementmischungen

---

<sup>15</sup> MEGA-Auswertungen zur Erstellung von Expositionsszenarien für Chrom(VI)-Verbindungen (2000 bis 2009) in Deutschland ([http://www.dguv.de/medien/ifa/de/fac/reach/mega\\_auswertungen/chrom-VI-Verbindungen\\_d.pdf](http://www.dguv.de/medien/ifa/de/fac/reach/mega_auswertungen/chrom-VI-Verbindungen_d.pdf)).

<sup>16</sup> Für personengetragene Messungen lag die Bestimmungsgrenze im Jahr 2010 bei  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

<sup>17</sup> [http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/i\\_790-024.pdf](http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/i_790-024.pdf).

eingesetzt. Weitere Hinweise hierzu finden sich in der TRGS 529 „Tätigkeiten bei der Herstellung von Biogas“.

(5) Für Cobalt existieren EKA-Werte (im Urin;  $6 \mu\text{g/l} \triangleq 10 \mu\text{g/m}^3$ ;  $60 \mu\text{g/l} \triangleq 100 \mu\text{g/m}^3$ , lineare Korrelation), die für die personenbezogene Beurteilung der Arbeitsplatzbelastung durch den Arbeitsmediziner herangezogen werden können. Bei der Beratung des Arbeitgebers zur Gefährdungsbeurteilung ist zu beachten, dass die Korrelation des EKA-Wertes sich auf den E-Staub und nicht auf den A-Staub bezieht. Außerdem ist zu beachten, dass der Urinwert bereits bei der Toleranzkonzentration unterhalb der EKA-Korrelation und nur noch beim Zweifachen des Referenzwertes von  $1,5 \mu\text{g/l}$  für Cobalt im Urin liegt ( $3 \mu\text{g/l}$  bei  $5 \mu\text{g/m}^3$ ). Bei der Akzeptanzkonzentration wäre bei linearer Extrapolation der Normwert von Cobalt deutlich unterschritten<sup>18</sup>.

(6) Eine Übersicht zur Expositionssituation bei Hartmetallarbeitsplätzen aus den Jahren 2007 bis 2009 mit Fokus unter anderem auf Cobalt und seine Verbindungen bietet die DGUV Information 213-724 (Empfehlungen Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (EGU) nach der GefStoffV). In der Expositionsbeschreibung „Verarbeitung von Nichtelegmetall-Legierungen in Dentallaboratorien“<sup>19</sup> der BG ETEM aus dem Jahr 2015 sind Expositionsdaten zu Cobalt und Chrom in der E-Fraktion aufgeführt.

### 3.3.6 Nickelverbindungen

(1) Die ERB-Ableitung für Nickelverbindungen gilt für alle als krebserzeugend Kategorie 1A und 1B eingestuft Nickelverbindungen. Sie gilt nicht für Nickel-Metall (krebserzeugend Kategorie 2). Die Toleranzkonzentration wurde aufgrund der nicht krebserzeugenden Wirkung festgelegt. Dieser Wert stimmt in diesem Fall mit der Höhe der Akzeptanzkonzentration überein, so dass der Bereich des mittleren Risikos entfällt. Tätigkeiten mit Exposition gegenüber Nickel-Metall fallen nicht in den Anwendungsbereich dieser TRGS. Es gilt der AGW von  $6 \mu\text{g/m}^3$  (A) entsprechend TRGS 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“. Eine Beurteilung anhand des AGW für Nickelmetall kann dann erfolgen, wenn ausschließlich Nickelmetall vorliegt. Sofern bei Tätigkeiten nickelhaltige Stäube entstehen, bei denen nur eine Oberflächenoxidation zu unterstellen ist, sind diese wie nickelmetallhaltige Gemische zu behandeln. Bei Anwendung von thermischen Verfahren in Gegenwart von Luftsauerstoff ist grundsätzlich eine Bildung von oxidischen Nickelverbindungen anzunehmen. Dies ist beispielsweise beim Schweißen (Elektroden oder Draht) und thermischen Schneiden mit bzw. von Legierungen, beim Metallspritzen von Legierungen, beim Schmelzen und Gießen von Legierungen und beim Schleifen und Trennen von Legierungen mit „Funkenbildung“ der Fall. Weitere Empfehlungen sowie Beispiele für Arbeitsverfahren, bei denen der AGW bzw. die ERB-Werte zur Beurteilung herangezogen werden können, enthält die IFA-Arbeitsmappe (Kennzahl 0537<sup>20</sup>).

(2) AGW und ERB gelten für die alveolengängige Fraktion. Für die Festlegung des AGW für Nickel als auch der Toleranzkonzentration für Nickelverbindungen sind entzündliche Wirkungen in der Lunge herangezogen worden.

<sup>18</sup> Übereinstimmend mit der ERB-Begründung, in der es mit Bezug zur täglichen Cobalt-Aufnahme durch die Nahrung heißt: „Die Werte für die abgeleiteten Akzeptanzrisiken liegen im Bereich der allgemeinen Hintergrundbelastung.“

<sup>19</sup> <https://www.bgetem.de/redaktion/arbeits-sicherheit-gesundheitsschutz/dokumente-und-dateien/themen-von-a-z/gefahrstoffe/expositionsbeschreibungen/expositionsbeschreibung-verarbeitung-von-nichtedelmetall-legierungen-in-dentallaboratorien>.

<sup>20</sup> <http://www.dguv.de/ifa%3b/publikationen/ifa-arbeitsmappe-messung-von-gefahrstoffen/index.jsp>.

(3) Aufgrund der hautsensibilisierenden Eigenschaften vieler Nickelverbindungen sind besondere Schutzmaßnahmen beim Hautkontakt mit Nickelverbindungen notwendig (siehe TRGS 401). Ebenfalls in der Gefährdungsbeurteilung zu berücksichtigen sind die atemwegsensibilisierenden Eigenschaften von Nickel und seinen Verbindungen (siehe TRBA/TRGS 406).

(4) Nickelverbindungen werden in der Galvanik zur Abscheidung von metallischen Korrosionsschutzschichten, in der Katalysatorindustrie (z.B. bei der Hydrierung ungesättigter Fettsäuren), bei der Herstellung von Chemikalien und Pigmenten sowie bei der Batterieherstellung eingesetzt. Nickelverbindungen können auch bei der thermischen oder mechanischen Bearbeitung von nickelhaltigen Legierungen, z.B. aus nichtrostenden Stählen und aus hitze- und korrosionsbeständigen Legierungen sowie bei der thermischen Verarbeitung von Nickelpulver, z.B. beim thermischen Spritzen, freigesetzt werden.

(5) Eine Übersicht zur Expositionssituation an Hartmetallarbeitsplätzen aus den Jahren 2007 bis 2009 mit Fokus unter anderem auf Nickel und seine Verbindungen bietet die DGUV Information 213-724 (Empfehlungen Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (EGU) nach der GefStoffV)<sup>21</sup>. Bei der Herstellung und Verwendung von Hartmetall ist mit einer Exposition gegenüber Nickel zu rechnen und weniger mit einer Exposition gegenüber Nickelverbindungen. Deshalb ist vorrangig der AGW für Nickelmetall für die Beurteilung heranzuziehen.

(6) Der Berufskrankheiten-Report „Nickel“ (DGUV<sup>22</sup>) enthält Auswertungen von ca. 33.000 Messwerten gegenüber Nickel und seinen Verbindungen aus den Jahren 1975 bis 2016 im E-Staub mit den Schwerpunkten Schweißen, Maschinen- und Apparatebau, Galvanik und Gießereien. Etwa 1.200 Messergebnisse zu Nickel und seinen Verbindungen im A-Staub werden in einer weiteren Veröffentlichung (DGUV 2017<sup>23</sup>) dargestellt.

## **4 Allgemeine Schutzmaßnahmen**

### **4.1 Branchenübergreifende Schutzmaßnahmen**

(1) Der Arbeitgeber hat regelmäßig die Möglichkeit einer Substitution durch Stoffe oder Gemische mit geringerer Gesundheitsgefährdung zu prüfen und vorrangig durchzuführen (siehe TRGS 600). Insbesondere hat er auch zu prüfen, ob pulverförmige Materialien durch weniger staubende ersetzt werden können. Beispiele sind der Ersatz von feinpulvrigem oder „mehligem“ Material durch z.B. grobkörniges oder stückiges Material. Es ist ebenso zu prüfen, ob Pellets, Granulat, Wachs, Pasten oder Schlicker eingesetzt werden können.

(2) Kann der Arbeitgeber eine Gefährdung der Beschäftigten bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden Stoffen nicht ausschließen, so hat er unabhängig von der tatsächlichen Expositionshöhe und dem damit korrespondierenden Risikobereich diese auf ein Minimum zu reduzieren. Dabei haben technische Maßnahmen Vorrang vor organisatorischen und persönlichen

---

<sup>21</sup> [http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/i\\_790-024.pdf](http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/i_790-024.pdf).

<sup>22</sup> In Vorbereitung.

<sup>23</sup> In Vorbereitung.

Schutzmaßnahmen oder arbeitsmedizinischer Überwachung (siehe TRGS 500 „Schutzmaßnahmen“).

(3) Wenn es bei Betriebsstörungen zur Freisetzung von krebserzeugenden Stoffen kommen kann, sind alle Maßnahmen wie bei einer hohen Exposition zu treffen. Insbesondere ist geeigneter Atemschutz (z.B. Atemschutzgeräte) in ausreichender Anzahl und ggf. Schutzhandschuhe vorzuhalten.

(4) Für Chrom(VI)-Verbindungen ist ein Beurteilungsmaßstab abgeleitet worden. Wegen der Einstufung als krebserzeugend sind die im Folgenden genannten generellen Schutzmaßnahmen in jedem Fall umzusetzen. Der Beurteilungsmaßstab ist zu unterschreiten. Dies kann bei der galvanotechnischen Oberflächenbehandlung durch die in Nummer 5.4.4 beschriebenen branchenübliche Verfahrens- und Betriebsweisen oder Schutzmaßnahmen nach dem Stand der Technik erreicht werden. Bei einer Chrom(VI)-Konzentration unterhalb des Beurteilungsmaßstabes sind in bei der galvanotechnischen Oberflächenbehandlung keine weiteren technischen Schutzmaßnahmen nötig, wenn durch diese Maßnahmen keine erhebliche Verringerung der Exposition zu erwarten ist. Als Minimierungsziel ist für Chrom(VI)-Verbindungen das Erreichen der niedrigeren Bestimmungsgrenze anzustreben.

(5) Für Beryllium und seine anorganischen Verbindungen sind AGW abgeleitet worden. Wegen der Einstufung als krebserzeugend sind die im Folgenden genannten generellen Schutzmaßnahmen in jedem Fall umzusetzen. Die AGW sind gemäß der Vorgaben der GefStoffV einzuhalten.

(6) Folgende Schutzmaßnahmen sind generell bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden Stoffen zu berücksichtigen:

#### 1. Technische Maßnahmen

Die räumliche Abtrennung eines Arbeitsbereichs ggf. in Verbindung mit raumluftechnischen/lüftungstechnischen oder baulichen Maßnahmen hat das Ziel, eine Belastung von Beschäftigten in anderen Arbeitsbereichen durch freigesetzte, krebserzeugende Stoffe zu verhindern. Dies kann auch durch eine Reduzierung der verwendeten, expositionsrelevanten Stoffmengen erfolgen. Durch regelmäßige Kontrolle der Funktion und Wirksamkeit der technischen Schutzmaßnahmen ist sicherzustellen, dass keine Verschlechterung der Expositionssituation eintritt.

#### 2. Organisatorische Maßnahmen

- a) Der Arbeitgeber hat sicherzustellen, dass Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen nur von fachkundigen oder entsprechend unterwiesenen Personen ausgeführt werden. Belastete Arbeitsbereiche sind abzugrenzen und dürfen nur Beschäftigten zugänglich sein, die dort Arbeiten durchführen. Besteht die Möglichkeit einer inhalativen Gefährdung sind krebserzeugende Metalle und Legierungen so aufzubewahren, dass nur Fachkundige und zuverlässige Personen Zugang haben.
- b) Die Expositionsdauer als auch die Zahl der Exponierten sind so weit wie möglich zu minimieren. Hierzu können betriebliche Vereinbarungen getroffen werden.
- c) Die gesonderten organisatorischen Vorgaben der TRGS 500 zur Schichtarbeit, Pausenregelung und Nacharbeit sind zu beachten.

- d) Der Arbeitgeber hat sicherzustellen, dass den Beschäftigten eine schriftliche Betriebsanweisung zugänglich gemacht wird. Die Betriebsanweisung ist auf Basis der Gefährdungsbeurteilung bei wesentlichen Veränderungen zu aktualisieren.
- e) Im Rahmen der Unterweisung hat der Arbeitgeber die Beschäftigten über die Expositionshöhe und den zugeordneten Risikobereich zu unterrichten. Die Unterweisung erfolgt auf Grundlage der Gefährdungsbeurteilung und der Betriebsanweisung durch fachkundige Personen. Dies schließt eine allgemeine, arbeitsmedizinisch-toxikologische Beratung unter Beteiligung des Betriebsarztes ein (siehe hierzu auch Nummer 6.2 dieser TRGS).
- f) Als Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung sind Warn- und Sicherheitszeichen einschließlich der Verbotsschilder „Zutritt für Unbefugte verboten“ und „Rauchen verboten“ nach § 10 GefStoffV anzubringen (siehe auch ASR A1.3 Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung).
- g) Nach unvorhergesehener, erhöhter Exposition sind die Beschäftigten und ggf. der Betriebsrat zu informieren.
- h) Belastete Arbeitsbereiche sind regelmäßig fachgerecht zu reinigen.

### 3. Hygiene-Maßnahmen

- a) Da das persönliche Verhalten und die persönliche Hygiene die Aufnahme von krebserzeugenden Metallen maßgeblich beeinflussen, ist es erforderlich, individuelle Vorgaben für die persönliche Schutzausrüstung und die persönliche Hygiene (persönliche Hygienepläne) festzulegen. Der Arbeitgeber hat ausreichend Zeit für Hygiene-Maßnahmen zur Verfügung zu stellen und auf deren Umsetzung zu achten (siehe TRGS 500).
- b) Die gesonderten organisatorischen Vorgaben der TRGS 500 zur getrennten Aufbewahrung von Straßen- und Arbeitskleidung sind zu beachten.
- c) Beschäftigte, die Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen ausführen, dürfen in Arbeitsräumen oder an ihren Arbeitsplätzen keine Nahrungs- oder Genussmittel zu sich nehmen (z.B. Essen, Trinken, Kaugummi kauen, Rauchen und Schnupfen). Für diese Beschäftigten sind Bereiche einzurichten, in denen sie Nahrungs- oder Genussmittel ohne Beeinträchtigung ihrer Gesundheit durch Gefahrstoffe zu sich nehmen können (vergleiche TRGS 500 und ASR A4.2 „Pausen- und Bereitschaftsräume“). Nur bei Tätigkeiten mit erhöhtem Flüssigkeitsbedarf (z.B. an Hitze Arbeitsplätzen) kann abweichend davon die Getränkeaufnahme in räumlicher Nähe zum Arbeitsbereich unter Beachtung geeigneter Hygiene-Maßnahmen ermöglicht werden (z.B. durch Benutzung von Trinkflaschen mit Trinkventil und Trinkventil-Schutzkappe).
- d) Durch Stäube kontaminierte Arbeitskleidung darf nicht ausgeschüttelt oder abgeblasen werden. Der Arbeitgeber stellt sicher, dass Beschäftigte mit kontaminierter Arbeitskleidung, diese nicht in andere Bereiche verschleppen. Kontaminierte Arbeitskleidung verbleibt im Betrieb und wird auf Veranlassung des Arbeitgebers sachgerecht gereinigt.

### 4. Persönliche Schutzausrüstung

- a) Die geeignete persönliche Schutzausrüstung (PSA) ist nach § 9 Absatz 3, 4 und 5 GefStoffV durch den Arbeitgeber auszuwählen, bereitzustellen und deren Pflege und Wartung

sicherzustellen (DGUV Regel 112-189ff, bisher BGR 189 ff<sup>24</sup>). Die Trageverpflichtung sowie die Aufbewahrung und Nutzung der PSA für den Beschäftigten ist in der Betriebsanweisung zu regeln. Geeignete Aufbewahrungsmöglichkeiten für die PSA sind im Betriebsbereich zur Verfügung zu stellen.

- b) Die Auswahl von geeignetem Atemschutz ist gemäß DGUV Regel 112-190<sup>25</sup> („Benutzung von Atemschutzgeräten“) vorzunehmen. Bei der Auswahl ist nicht belastender Atemschutz bevorzugt auszuwählen. Die Filtergeräte sind in Abhängigkeit von der Expositionssituation auszuwählen, jedoch ist mindestens ein P2-Filter einzusetzen.

Technische, organisatorische und persönliche Schutzmaßnahmen sind regelmäßig auf ihre Funktion und Wirksamkeit zu überprüfen.

(7) Folgende zusätzliche Schutzmaßnahmen sind bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen im Bereich mittleren Risikos zu berücksichtigen:

#### 1. Technische Maßnahmen

- a) Soweit durch die bereits ergriffenen Maßnahmen eine Exposition in anderen Arbeitsbereichen nicht ausreichend verhindert wird, sind räumliche Abgrenzungen vorzunehmen.
- b) Der Arbeitgeber hat unter Berücksichtigung der Höhe der Exposition mit Bezug zum Risiko entsprechend der ERB sowie von Aufwand und Nutzen im konkreten Einzelfall technische Maßnahmen nach dem Stand der Technik zu ergreifen. Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung ist dies zu dokumentieren.

#### 2. Organisatorische Maßnahmen

Der Arbeitgeber hat nach § 14 Absatz 3 Nummer 3 und 4 GefStoffV ein Verzeichnis über die Beschäftigten zu führen, bei denen bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden Stoffen eine gesundheitliche Gefährdung gegeben ist. Dies ist im Bereich mittleren Risikos der Fall. Konkrete Hinweise hierzu enthält die TRGS 410 „Expositionsverzeichnis bei Gefährdung gegenüber krebserzeugenden oder keimzellmutagenen Gefahrstoffen der Kategorien 1A oder 1B“.

#### 3. Hygiene-Maßnahmen

- a) Gegenstände des persönlichen und privaten Gebrauches (Mobiltelefone, Taschen etc.) sollen nicht mit an den Arbeitsplatz gebracht werden.
- b) Der Arbeitgeber hat geeignete Schutzkleidung zur Verfügung zu stellen und zu reinigen. Es wird außerdem empfohlen, dass der Arbeitgeber die Arbeitskleidung stellt. Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung ist dann zu ermitteln, ob die Arbeitskleidung durch Gefahrstoffe verschmutzt werden kann. Wenn das der Fall ist, hat der Arbeitgeber auch die Arbeitskleidung zu reinigen.
- c) Vor dem Essen, Trinken, Kaugummi kauen, Rauchen und Schnupfen in den dafür vorgesehenen Bereichen sind Hände und ggf. Gesicht zu waschen.

---

<sup>24</sup> <http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/bgr189.pdf>.

<sup>25</sup> <http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/R-190.pdf>.

- d) Persönliche Schutzausrüstung darf nicht in Pausenräume genommen werden.
- e) Im Bereich unterhalb von Toleranzkonzentration oder Beurteilungsmaßstab kann eine räumliche Schwarz-Weiß-Trennung durch zwei mit einem Waschaum verbundene Umkleieräume oder durch ein mit dem Arbeitsbereich verbundenes Schleusensystem zum An- und Ablegen der Arbeits- und Schutzkleidung erforderlich sein. Konkrete Vorgaben zu speziellen Bereichen finden sich in Nummer 5 dieser TRGS.

#### 4. Persönliche Schutzausrüstung

- a) Bei Tätigkeiten mit Expositionsspitzen ist zu prüfen, ob während der Dauer der erhöhten Exposition Atemschutz getragen werden muss.
- b) Die Tragezeit-Begrenzung von Atemschutz gemäß DGUV Regel 112-190 und die zuvor genannten Hygiene-Maßnahmen für PSA sind zu beachten. Auf den rechtzeitigen Wechsel der Filter von filternden Atemschutzgeräten und die Auswahl geeigneter Schutzhandschuhe ist zu achten.

(8) Folgende zusätzliche Schutzmaßnahmen sind bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden Stoffen im Bereich hohen Risikos zu berücksichtigen:

#### 1. Technische Maßnahmen

- a) Soweit durch die bereits ergriffenen Maßnahmen eine Exposition in anderen Arbeitsbereichen nicht ausreichend verhindert wird, ist eine räumliche Trennung notwendig. Dabei sind bauliche Maßnahmen bevorzugt umzusetzen.
- b) Der Arbeitgeber hat technische Maßnahmen (z.B. Reduzierung der Menge, Absaugung und Raumlüftung, geschlossene Systeme) nach dem Stand der Technik verpflichtend zu ergreifen. Das Schutzziel kann auch auf der Basis der branchenüblichen Verfahrens- und Betriebsweisen, ergänzt durch weitere Schutzmaßnahmen nach dem Stand der Technik, erreicht werden.

#### 2. Organisatorische Maßnahmen

- a) Der Arbeitgeber hat nach § 14 Absatz 3 Nummer 3 und 4 GefStoffV ein Verzeichnis über die Beschäftigten zu führen, bei denen bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden Stoffen eine gesundheitliche Gefährdung gegeben ist. Dies ist im Bereich oberhalb der Toleranzkonzentration/des Beurteilungsmaßstabes der Fall. Konkrete Hinweise hierzu enthält die TRGS 410 „Expositionsverzeichnis bei Gefährdung gegenüber krebserzeugenden oder keimzellmutagenen Gefahrstoffen der Kategorien 1A oder 1B“.
- b) Bei Tätigkeiten, bei denen nach § 10 Absatz 4 GefStoffV beträchtliche Erhöhung der Exposition der Beschäftigten durch krebserzeugende Metalle zu erwarten ist und bei denen jede Möglichkeit weiterer technischer Schutzmaßnahmen zur Begrenzung dieser Exposition bereits ausgeschöpft wurde, hat der Arbeitgeber nach Beratung mit den Beschäftigten oder mit ihrer Vertretung Maßnahmen zu ergreifen, um die Dauer der Exposition der Beschäftigten so weit wie möglich zu verkürzen und den Schutz der Beschäftigten während dieser Tätigkeiten zu gewährleisten.

- c) Entsprechend TRGS 910 Tabelle 1 wird dringend empfohlen, die zuständige Aufsichtsbehörde unter Übermittlung des Maßnahmenplans zu informieren, wenn die Toleranzkonzentration vorhersehbar über einen Zeitraum von länger als drei Monaten überschritten wird. Ein Abweichen von der Empfehlung ist begründet zu dokumentieren.

### 3. Hygiene-Maßnahmen

- a) Gegenstände des persönlichen und privaten Gebrauches (Mobiltelefone, Taschen etc.) sind nicht erlaubt. Der Arbeitgeber stellt eine geeignete Möglichkeit zur Aufbewahrung dieser Gegenstände zur Verfügung.
- b) Grundsätzlich ist im Bereich hohen Risikos Schutzkleidung einzusetzen. Diese ist vom Arbeitgeber zu stellen und zu reinigen.
- c) Saubere Schutzkleidung und andere PSA sind außerhalb des exponierten Bereichs staubfrei und trocken, aber getrennt von benutzter Schutzkleidung und benutzter PSA aufzubewahren. Alternativ ist die Schutzkleidung und die PSA nach Exposition zu reinigen oder auszutauschen.
- d) Bei absehbar dauerhafter Überschreitung von Toleranzkonzentration, Arbeitsplatzgrenzwert oder Beurteilungsmaßstab ist die Einrichtung einer räumlichen Schwarz-Weiß-Trennung durch zwei mit einem Waschraum verbundene Umkleieräume oder durch ein mit dem Arbeitsbereich verbundenes Schleusensystem zum An- und Ablegen der Arbeits- und Schutzkleidung zu prüfen und die Einrichtung ggf. umzusetzen. Konkrete Vorgaben zu speziellen Bereichen finden sich in Nummer 5 dieser TRGS.
- e) Bei Schicht-/Arbeitsende ist die Körperreinigung durch Duschen und Haare waschen erforderlich. Den Beschäftigten ist für Hygienemaßnahmen ausreichend Zeit einzuräumen.

### 4. Persönliche Schutzausrüstung

- a) Von den Beschäftigten ist Atemschutz (gemäß DGUV Regel 112-190 mindestens Klasse P 2) zu tragen. Bei Tätigkeiten, bei denen Atemschutz dauerhaft getragen werden muss, ist nach § 7 Absatz 5 GefStoffV in Verbindung mit § 19 Absatz 1 GefStoffV eine zeitlich befristete Ausnahme bei der zuständigen Behörde zu beantragen, sofern der Atemschutz belastend ist.
- b) Als belastender Atemschutz gelten alle für krebserzeugende Stoffe geeignete Atemschutzgeräte, mit Ausnahme von Filtergeräten mit Gebläseunterstützung und Frischluft- und Druckluftschlauchgeräte mit Haube oder Helm (siehe hierzu auch Arbeitsmedizinische Regel AMR 14.2 „Einteilung von Atemschutzgeräten in Gruppen“). Belastender Atemschutz darf keine dauerhafte Maßnahme sein. Empfohlen wird die Verwendung von nicht belastendem Atemschutz.
- c) Nach Beendigung der Tätigkeit ist erst die kontaminierte Arbeitskleidung und danach das Atemschutzgerät abzulegen. Es ist sicherzustellen, dass die PSA nicht in kontaminierten Bereichen abgelegt wird.

## 4.2 Staubvermeidung

- (1) Der Arbeitgeber hat Materialien, Arbeitsverfahren, Maschinen und Geräte so auszuwählen, dass möglichst wenig Staub freigesetzt wird. Grundsätzliche Hinweise hierzu enthält auch die TRGS 504 „Tätigkeiten mit Exposition gegenüber A- und E-Staub“.
- (2) Aufgrund der Wirkweise der betrachteten Materialien sind Maßnahmen zur Vermeidung/Verringerung des Staubanfalles im Geltungsbereich dieser TRGS zwingend notwendig.
- (3) Explosionsschutzmaßnahmen sind zu treffen, soweit Metallstäube in explosionsfähigen Konzentrationen in der Arbeitsatmosphäre vorliegen. Damit ist im Bereich der Toleranzkonzentration allerdings nicht zu rechnen.
- (4) Arbeitsverfahren sind so auszuwählen und durchzuführen, dass möglichst wenig Staub freigesetzt wird. Bei Tätigkeiten mit Staubexposition ist eine Ausbreitung des Staubes auf unbelastete Arbeitsbereiche zu vermeiden. Dies kann u.a. durch folgende Maßnahmen erreicht werden:
  1. Der offene Umgang mit staubenden/pulverförmigen Materialien ist zu vermeiden. Dies kann erreicht werden, indem mit vollständig gekapselten Maschinen/Anlagen gearbeitet wird und stark staubende Rohstoffe, Produkte und Abfälle in geschlossenen Systemen gelagert und transportiert werden, z.B. Lagerung in geschlossenen Silos, geschlossenen Säcken, Big-Bags, abgedeckten Containern, Förderung in geschlossenen Rohrleitungen, Verwendung von auflösbaren/verlorenen Verpackungen.
  2. Anfeuchten des Materials, wenn dies nicht nachteilig für die Ver- bzw. Bearbeitung ist.
  3. Für das Um- und Abfüllen staubender/pulverförmiger Materialien sind nach Möglichkeit geschlossene Systeme mit Luftpendelung zu verwenden, beispielsweise spezielle Füll- bzw. Entleerstationen für Fässer, Big Bags, Säcke etc. Sind geschlossene Systeme nicht möglich oder nicht angemessen, ist eine Kapselung und wirksame Absaugung nach dem Stand der Technik vorzusehen.
- (5) Maschinen und Geräte sind so auszuwählen und zu betreiben, dass möglichst wenig Staub freigesetzt wird. Staubemittierende Anlagen, Maschinen und Geräte müssen mit einer wirksamen Absaugung nach dem Stand der Technik versehen sein, soweit die Staubfreisetzung nicht durch andere Maßnahmen verhindert wird. Dies kann z.B. erreicht werden durch die Verwendung von Maschinen und Geräten,
  1. deren Staubquellen gekapselt sind,
  2. die verkleidet sind,
  3. die unter Unterdruck betrieben werden,
  4. bei denen der Staub an Arbeitsöffnungen, Übergabestellen, Entstehungs- oder Austrittsstellen abgesaugt wird,
  5. bei denen durch Benetzen oder Wasserzuführung eine ausreichende Staubminderung erreicht wird,
  6. die mit geschlossenen Fahrerkabinen und mit einem geeigneten Filter zur Reinigung der Außenluft ausgestattet sind (dies ist nicht automatisch bei klimatisierten Kabinen der Fall), oder
  7. die separaten und fremdbelüfteten Leitwarten gesteuert werden.
- (6) Krebserzeugende Metalle und Legierungen sind – sofern eine inhalative Gefährdung besteht - grundsätzlich verpackt oder in speziell dafür vorgesehenen Behältern oder Räumen zu lagern. Die Regelungen für Gefahrstoffe, die als krebserzeugend Kategorie 1A oder 1B

eingestuft sind, wie in der TRGS 509 „Lagerung von Gefahrstoffen in ortsfesten Behältern“ und TRGS 510 „Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern“ beschrieben, zu berücksichtigen. Transportwege sind möglichst kurz zu halten. Wenn Staub freigesetzt werden kann, sind kontinuierliche Transportmethoden in geschlossenen Systemen zu bevorzugen. Wo dies nicht möglich oder nicht angemessen ist, sind geschlossene oder abgedeckte Behälter zu verwenden. Es ist darauf zu achten, dass die Behälter äußerlich frei von Anhaftungen sind. Gegebenenfalls sind sie vor dem Transport zu reinigen.

(7) Arbeitsräume, in denen Staub auftreten kann, sind nach Möglichkeit so zu gestalten und zu unterhalten, dass

1. Wände und Decken zur Vermeidung von Staubanhaftung glatt sind,
2. Ablagerungsflächen für Staub vermieden werden,
3. Böden, Arbeits- und Oberflächen leicht zu reinigen sind,
4. Arbeitsräume mit unterschiedlichen Staubkonzentrationen durch bauliche Maßnahmen voneinander getrennt sind.

Ablagerungsflächen können z.B. durch Abschrägungen oder Verkleidungen vermieden werden.

(8) Kann das Freiwerden von Staub nicht ausreichend minimiert werden, ist dieser an der Austritts- oder Entstehungsstelle möglichst vollständig zu erfassen und gefahrlos zu entsorgen. Ist eine ausreichende Erfassung des Staubes nicht möglich, so sind weitere lufttechnische Maßnahmen, wie Arbeitsplatzlüftungen, erforderlich. Dabei ist die Luft so zu führen, dass so wenig Staub wie möglich in die Atemluft der Beschäftigten gelangt.

(9) Einrichtungen zum Erfassen, Niederschlagen und Abscheiden von Stäuben und lufttechnische Maßnahmen müssen dem Stand der Technik entsprechen. Bei der erstmaligen Inbetriebnahme sowie bei den wiederkehrenden Prüfungen dieser Einrichtungen ist der Nachweis einer ausreichenden Wirksamkeit zu erbringen. Siehe hierzu z.B. TRGS 402 „Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition“.

(10) Bei der Absaugung ist zu berücksichtigen, dass die abgesaugte Luft nur dann zurückgeführt werden darf, wenn die Luft unter Anwendung von behördlich oder von den Trägern der gesetzlichen Unfallversicherung anerkannten Verfahren oder Geräten ausreichend gereinigt ist. Siehe hierzu auch TRGS 560 „Lufrückführung bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden, erbgutverändernden und fruchtbarkeitsgefährdenden Stäuben“.

(11) Einrichtungen zum Erfassen, Niederschlagen und Abscheiden von Stäuben und lufttechnische Anlagen sind entsprechend den Ergebnissen der Gefährdungsbeurteilung unter Berücksichtigung der vom Hersteller angegebenen Zeitabstände auf ihre Funktion und Wirksamkeit zu prüfen, zu warten und gegebenenfalls in Stand zu setzen. Die Durchführung der Prüfungen und das Ergebnis sind zu dokumentieren.

(12) Wenn bei Instandhaltungsarbeiten der direkte Kontakt zu krebserzeugenden Metallen möglich ist, sind die entsprechenden Anlagen und Maschinen möglichst vorher zu entleeren und zu reinigen. Dabei ist entsprechend der Gefährdungsbeurteilung festgelegte, angemessene persönliche Schutzausrüstung zu tragen.

(13) Aggregate, Messgeräte oder andere Anlagenteile, die aus dem Arbeitsbereich herausgenommen werden – z.B. für Wartungs- oder Reparaturzwecke - sind vorher zu reinigen. Wenn dies nicht oder nur unvollständig möglich ist, sind sie entsprechend zu kennzeichnen. Es ist dann auch dafür zu sorgen, dass während des Transportes keine Gefahrstoffe freigesetzt werden können.

(14) Ablagerungen von Stäuben sind möglichst zu vermeiden. Arbeitsräume, Arbeitsplätze, Pausenbereiche, Verkehrswege, Betriebsanlagen, Maschinen und Geräte sind regelmäßig zu reinigen. Die Reinigungsintervalle sind auf der Grundlage der Gefährdungsbeurteilung festzulegen. Die Reinigungsarbeiten sind so durchzuführen, dass die Freisetzung und Aufwirbelung von Staub vermieden wird, z.B. mit Feucht- oder Nassverfahren oder saugend unter Verwendung geeigneter Staubsauger oder Entstauber. Dies wird z.B. erreicht, wenn

1. fest installierte Staubsauganlagen, staubbeseitigende Maschinen oder Geräte, die die Anforderungen des folgenden Absatzes 15 erfüllen, verwendet werden,
2. feucht gewischt oder nass gereinigt wird,
3. befestigte Verkehrswege mit Kehr(saug)maschinen, die die Anforderungen des folgenden Absatzes 15 erfüllen, gekehrt werden und dabei das Kehrgut aufgenommen wird.

(15) Staubbeseitigende Maschinen oder Geräte müssen dem Stand der Technik entsprechen. Für Entstauber und Industriestaubsauger entspricht das der Ausführung in Staubklasse H. Eine Positivliste geprüfter staubbeseitigender Maschinen wird im IFA-Handbuch, Kennzahl 510210/1 "Maschinen zur Beseitigung gesundheitsgefährlicher Stäube - Positivliste"<sup>26</sup> regelmäßig bekannt gemacht. Geeignete Kehrsaugmaschinen sind bezüglich ihres Filtermaterials nach DIN EN 60335-2-69 Anhang AA staubtechnisch geprüft und erfüllen die Anforderungen der Staubklasse M.

(16) Das Reinigen durch Kehren ohne staubbindende Maßnahmen (Fegen) oder Abblasen von Staubablagerungen mit Druckluft ist nicht zulässig.

(17) Fahrstraßen und Wege in Außenbereichen, die aus technischen Gründen nicht gereinigt werden können, sollten zur Vermeidung von Staubaufwirbelungen regelmäßig und möglichst drucklos befeuchtet werden. Auf eine Befeuchtung kann verzichtet werden, wenn sich keine Personen in staubgefährdeten Bereichen von Fahrstraßen aufhalten und das Fahrpersonal in der Kabine gegen Staubeinwirkung geschützt ist.

(18) Arbeitsstätten sind mit den erforderlichen Mitteln zur Reinigung auszustatten. Je nach Arbeitsplatz können dies Mittel zur Nassreinigung (Wasserschlauch und Waschbürste) oder zur Trockenreinigung (Staubsauger, Kehr(saug)maschine) sein.

## **5 Besondere Schutzmaßnahmen für spezielle Bereiche**

### **5.1 Nichteisenmetall (NE)-Erzeugung und -verarbeitung**

(1) Unter den Begriff Nichteisenmetalle (NE-Metalle) fallen alle Metalle und Legierungen, in denen der Reineisenanteil nicht über 50 % liegt. Typische Nichteisenmetalle sind Aluminium, Kupfer, Zink, Blei oder Magnesium, aber auch Beryllium, Cadmium, Chrom, Cobalt und Nickel, Edelmetalle und hochschmelzende (Refraktär-)Metalle. Im weiteren Sinne kann auch das Halbmetall Arsen dazugezählt werden.

(2) Unter Nichteisenmetallherstellung wird die Erzeugung von NE-Metallen aus Primärrohstoffen (Erze und Schlacken aus vorherigen Prozessen) in Primärhütten und aus Vorlegierungen in Sekundärhütten bzw. Schmelzbetrieben und die Metallrückgewinnung aus Recyclingmaterialien (z.B. Altmetallschrott, Akkumulatoren, Elektronikschrott, Galvanikschlämme, Filterstäube, Schlacken usw.) verstanden.

---

<sup>26</sup> <http://www.dguv.de/ifa/publikationen/ifa-handbuch/index.jsp>.

(3) Die Herstellung von Legierungen durch Sintern pulverförmiger Ausgangsmaterialien (z.B. im Bereich der Magnetherstellung) fällt in den Bereich der NE-Metallerzeugung. Das gilt auch für die Hartmetallherstellung, die in einem gesonderten Abschnitt dargestellt wird (Nummer 5.2 dieser TRGS).

(4) In der DGUV-Regel „Branche Metallhütten“<sup>27</sup> werden weitere über die in dieser TRGS hinausgehende und konkretisierende Schutzmaßnahmen aufgeführt.

### **5.1.1 Verfahren und Tätigkeiten mit relevanter Exposition**

(1) In Deutschland werden Aluminium, Kupfer, Zink, Blei und hochschmelzende Metalle sowohl in Primärhütten aus Erzen gewonnen, wie auch aus sekundären Rohstoffen recycelt. Als Nebenprodukte können u.a. Arsen, Cobalt, Nickel und Cadmium anfallen.

(2) Generell werden Arsen, Beryllium, Chrom, Cobalt, Cadmium und Nickel als Legierungselemente bei der Produktion spezieller Legierungen zur Erzielung bestimmter Eigenschaften zugesetzt. Dabei können die jeweiligen Metallverbindungen z.B. in Rauchen, Stäuben und Krätzen auftreten.

(3) Bei der Produktion und Verarbeitung von Metallpulvern können (beim Herstellen, Sieben, Abfüllen) Stäube auftreten. Diese Stäube bestehen im Normalfall aus den Metallen selbst, die mit einer dünnen Oxidschicht überzogen sein können. Dabei können die krebserzeugenden Metalle in Reinform oder als Legierungsbestandteil vorliegen.

(4) Bei der Herstellung von Aluminium und Edelmetallen ist mit dem Auftreten von krebserzeugenden Metallen in Konzentrationen oberhalb der Akzeptanzkonzentration im Allgemeinen nicht zu rechnen. Das gilt auch für das Recycling von Blei-Batterien und für das Zinkrecycling. In der NE-Metallerzeugung ist generell nicht mit einer Chrom(VI)-Exposition oberhalb des Beurteilungsmaßstabes zu rechnen.

(5) Beim Rösten von Erzen, sowie beim Mahlen und Zerkleinern von Erzen, Schlacken und Krätzen oder Aschen entstehen Stäube und Rauche, die u.a. Arsenverbindungen und Cadmium enthalten können.

(6) Arsenverbindungen und Cadmium reichern sich in Filterstäuben der Primärproduktion von Kupfer und Zink an.

(7) Bei der Herstellung von NE-Metallen und bei Verwendung von NE-Metallschrotten können je nach Zusammensetzung Stäube und Rauche entstehen, die krebserzeugende Metalle enthalten können. Diese reichern sich dann auch in den Filterstäuben an.

(8) In der Laugenreinigung der Zinkelektrolyse wird Arsentrioxid als Reaktand eingesetzt.

(9) Bei der elektrolytischen Raffination von Kupfer (nasschemisches Verfahren) können u.a. arsen- und nickelhaltige Aerosole aus der Elektrolytlösung freigesetzt werden. Nickelverbindungen werden typischerweise mit dem Elektrolytschlamm ausgetragen.

(10) Die Abhübe der Blei-Raffination enthalten Arsenverbindungen.

(11) Bei der schmelzmetallurgischen Raffination von Rohkupfer (Feuerraffination, Pyrometallurgie) treten im Rauchgas Arsenoxide auf. Die Oxide von Cobalt oder Nickel verschlacken.

---

<sup>27</sup> In Vorbereitung.

(12) Zur Verbesserung der mechanischen Eigenschaften von Aluminium-, Magnesium und einigen Kupfer- sowie Nickellegierungen sowie zur Verminderung der Oxidationsgefahren werden berylliumhaltige Vorlegierungen eingesetzt. Hier können berylliumhaltige Stäube und Rauche auftreten.

(13) Bei der Produktion hochreiner Metalle für elektronische und opto-elektronische Anwendungen sowie für die Photovoltaik-Industrie kann es kurzzeitig zur Exposition gegenüber krebserzeugenden Metallen, insbesondere Arsenverbindungen und Cadmium, oberhalb der Toleranzkonzentration kommen.

(14) Bei der trockenen mechanischen Bearbeitung nickel-, cobalt-, chrom- und/oder berylliumhaltiger Legierungen, durch z.B. Sägen, Bohren, Schleifen, Strahlen oder Polieren ist mit einer Exposition gegenüber krebserzeugenden Metallen zu rechnen.

(15) Bei der nasschemischen Bearbeitung (z.B. Beizen) können die entstehenden Gase bzw. Aerosole krebserzeugende Metalle enthalten.

### 5.1.2 Expositionssituation

(1) In der MEGA-Datenbank der DGUV liegen nur wenige Datensätze zur Expositionssituation gegenüber krebserzeugenden Metallen in Bereichen der NE-Metallindustrie vor. Diese stammen vorwiegend aus der Analyse der E-Staubfraktion. Eine Umrechnung auf die Expositionssituation in der A-Staubfraktion ist nicht ohne weiteres möglich.

(2) Tabelle 2 fasst die Expositionssituation in verschiedenen Arbeitsbereichen auf Basis von in den Betrieben und in der MEGA-Datenbank vorliegenden Informationen zusammen. Sofern möglich wurde eine Leitkomponente angegeben (vgl. Nummer 3.2 dieser TRGS).

**Tabelle 2:** Expositionssituation in verschiedenen Arbeitsbereichen der NE-Metallherstellung und -Verarbeitung

Prozess	Arbeitsbereich	Metalle	Leit-Komponente	Tendenz der Exposition bezogen auf die Leit-Komponente
Cu-Herstellung	Vorstofflager, Mischungsvorbereitung	As, Cd, Ni	As	> TK
	Konzentratschmelzung	As, Cd, Ni	As	> TK
	Konverter	As, Cd, Ni	As	> TK
	Anodenofen	As, Cd, Ni	As	> AK < TK
	Anodengieen	As, Cd, Ni	As	> AK < TK
	Raffinationselektrolyse	As, Ni	As	> AK < TK
	Elektrolytaufbereitung	As, Ni	Ni	< AK
	Anodenschlammverarbeitung	As, Ni	As	> TK
	Sekundarmaterialverarbeitung	As, Cd, Ni, Be	As, Cd	> TK
Zn-Herstellung	Vorstofflager, Mischungsvorbereitung	As, Cd, Ni, Co	Cd	> TK
	Röstung	As, Cd, Ni, Co	Cd	> AK < TK
	Laugerei	As, Cd, Ni, Co	Cd	> AK < TK
	Filtration	Cd	Cd	> AK < TK
	Laugenreinigung	As, Cd, Ni, Co	Cd	> AK < TK
	Kupferkonzentrat-Herstellung	As, Cd, Ni, Co	Cd	> AK < TK
	Ansetzstation Arsenige Säure	As		< AK

Prozess	Arbeitsbereich	Metalle	Leit-Komponente	Tendenz der Exposition bezogen auf die Leit-Komponente
	Cadmium-Hydrometallurgie	Cd		> AK < TK
	Cadmium-Raffination	Cd, Ni	Cd	> TK
Pb-Herstellung	Vorstofflager, Mischungsvorbereitung	As, Cd	Die auf Grund der Blei-Konzentration erforderlichen Schutzmaßnahmen decken die zusätzlichen Risiken ab, die sich aus den krebserzeugenden Metallen ergeben (vgl. TRGS 505).	
	Schmelzofen	As, Cd		
	Raffination	As		
Al-Herstellung	Elektrolyse	Be	Be	< AGW

(3) In der MEGA-Datenbank der DGUV liegen aus den Jahren 2012–2015 nur wenige Datensätze zur Expositionssituation gegenüber krebserzeugenden Metallen in Bereichen der NE-Metallgießereien vor. In der A-Staubfraktion aus Aluminium- und Magnesiumgießereien zeigten sich folgende Tendenzen:

1. Arsenverbindungen: Im Bereich des Aluminium-Kokillenguss kann eine Exposition gegenüber Arsenverbindungen nicht ausgeschlossen werden.
2. Beryllium: Ein Großteil der Messungen war nicht auswertbar, da die Nachweisgrenzen der Messverfahren oberhalb der Arbeitsplatzgrenzwerte lagen. Bei einigen auswertbaren Messungen wurden erhebliche Überschreitungen der Arbeitsplatzgrenzwerte vorgefunden.
3. Chrom VI: Die zur Verfügung stehenden Expositionswerte lagen < 1 µg/m<sup>3</sup>.
4. Nickelverbindungen: In den Arbeitsbereichen Putzerei, Maschinenbediener Druckguss, Kranführer, Schmelzer und Gießplatz lagen die Expositionswerte < 1 µg/m<sup>3</sup>.

(4) Bei der Herstellung von Technometallen wie Indium, Germanium, Gallium oder Halbleitern wie GaAs, CdTe, etc. wird üblicherweise in geschlossenen Apparaturen (vielfach unter Vakuum oder Schutzgas) gearbeitet. Wegen der hohen Anforderungen an die Reinheit der Produkte ist kaum eine nennenswerte und längerdauernde Exposition zu erwarten. Eine Exposition gegenüber den Metallen oder deren Verbindungen kann beim Besetzen und Entleeren von Öfen oder vergleichbaren Aggregaten, bei mechanischen Bearbeitungsprozessen sowie im Rahmen von Wartungs- oder Reinigungsarbeiten auftreten. Es ist dann geeigneter Atemschutz zu tragen. Dabei ist die Tragedauer auf das erforderliche Minimum zu beschränken.

(5) Bei der Weiterverarbeitung von Legierungen, die krebserzeugende Metalle enthalten, können diese als Stäube oder Rauche in die Luft gelangen. Dabei kann es sein, dass die Zusammensetzung in der Luft nicht der prozentualen Legierungszusammensetzung entspricht. Der Siedepunkt von Cadmium liegt z.B. bei 765 °C, der Sublimationspunkt von Arsen bei 613 °C, so dass bei Schmelzprozessen mit einem höheren Anteil dieser Metalle im Schmelzrauch zu rechnen ist.

(6) Bei der Aluminiumelektrolyse ist bei Verwendung berylliumhaltiger Rohstoffe eine Exposition gegenüber Beryllium nicht auszuschließen.

### 5.1.3 Substitutionsmöglichkeiten

- (1) Sofern krebserzeugende Metalle als Verunreinigung bei der Erzeugung vorkommen ist eine Substitution nur sehr begrenzt möglich. Vormaterialien ohne diese Verunreinigungen sind wegen der chemischen Verwandtschaft der Metalle schwer verfügbar.
- (2) In Abhängigkeit zu den jeweils erforderlichen Eigenschaften der Werkstoffe ist in der Regel keine Substitution möglich. Im Rahmen der Substitutionsprüfung ist zu untersuchen, ob emissions- und staubarme Anwendungs- und Verarbeitungsverfahren zur Verfügung stehen oder ob Werkstücke ohne Legierungszusätze aus krebserzeugenden Metallen ohne Qualitätsverlust eingesetzt werden können.

### 5.1.4 Schutzmaßnahmen

- (1) Das Hauptaugenmerk bei den Schutzmaßnahmen ist auf die Vermeidung von Rauchen und Stäuben sowie die Vermeidung von Staubablagerungen bzw. das Vermeiden von Aufwirbelungen abgelagerter Stäube zu richten. Hinweise gibt Nummer 4.2 dieser TRGS.
- (2) In einigen Bereichen der Kupfer-, Zink- und Bleiherstellung werden die Toleranzkonzentrationen von Arsen oder Cadmium überschritten. Hier ist eine räumliche Schwarz-Weiß-Trennung durch zwei mit einem Waschraum verbundene Umkleieräume einzurichten.
- (3) Zerkleinerung durch Brechen und Mahlen von Erzen, Schlacken und Zuschlagsstoffen ist vorrangig in geschlossenen Systemen oder unter Anwendung wirksamer Staubminderungsmaßnahmen durchzuführen.
- (4) Offene Röst- und Schmelzöfen sind an anlagenbezogene Absaugungen mit effektiven Absaugleistungen anzuschließen. Randabsaugungen – sofern vorhanden - müssen auch während des Chargierens bei geöffnetem Ofendeckel wirksam sein.
- (5) Chargieröffnungen an Schmelzaggregaten (z.B. Anodenöfen, Induktionsöfen oder Konvertern) sind mit wirksamen Absaugungen zu versehen. Die Notwendigkeit der Verwendung von Atemschutz beim Chargieren oder Abgießen muss berücksichtigt werden.
- (6) Beim Gattieren von NE-Schrott und Zuschlägen in der Gemengehalle von NE-Metallhütten sind Radlader mit Überdruckkabinen mit geeigneten Filtersystemen einzusetzen.
- (7) Anlagen zur Herstellung von Gusslegierungen aus krebserzeugenden Metallen sind mit wirksamen Lüftungs- und Absauganlagen auszurüsten.
- (8) Gießstrecken, Abkühlstrecken und Auspackstationen bei der Herstellung von Gussteilen, bei denen Stäube mit krebserzeugenden Metallen freigesetzt werden können, sind einzuhäusen und/oder abzusaugen.
- (9) Anlagen zur Herstellung von Großgussteilen können im Allgemeinen nicht eingehaust werden. In diesen Bereichen sind entsprechend der Expositionssituation organisatorische und hygienische Maßnahmen sowie ggf. geeignete PSA anzuwenden.
- (10) Filterstäube aus Entstaubungsanlagen können krebserzeugende Metalle enthalten. Filterstäube aus Primärhütten sind insbesondere cadmium- und arsenhaltig. Sie sind unter möglichst geringer Staubentwicklung z.B. durch Verwendung geschlossener und/oder abgesaugter Einrichtungen abzufüllen. Zur Minderung der Staubbelastung sind Filterauslässe und Auffangbehältnisse staubarm miteinander zu verbinden.
- (11) Arsenhaltige Feststoffe dürfen nicht gleichzeitig mit Schwefelsäure und zinkhaltigen Materialien in Kontakt kommen, da die Gefahr der Arsenwasserstoffbildung besteht.

(12) Bei Staubeinwirkungen durch Mahlen und Zerkleinern von getrockneten Schlämmen, Schlacken, Krätzen und Recyclingmaterialien unterschiedlicher Stückigkeit sowie beim Gussputzen und bei Arbeiten an oder in Filteranlagen sind bevorzugt gebläseunterstützte Atemschutzgeräte und Einmalschutzanzüge einzusetzen.

(13) Beim Zinkrecycling, z.B. auch aus Stahlwerksstäuben, kann während der Beschickung des Wälzrohrofens ein Sperrluftstrom den Austritt von Prozessgasen und Stäuben verhindern.

(14) Bei der Herstellung von Magneten aus nickel- und/oder cobalthaltigen Pulvern sind die Schutzmaßnahmen gemäß Nummer 5.2 dieser TRGS entsprechend zu beachten.

## **5.2 Hartmetallproduktion und -verwendung**

(1) Hartmetallproduktion und -verwendung stellen einen Teilbereich der NE-Metallerzeugung und -verarbeitung dar.

(2) Hartmetalle sind Verbundwerkstoffe, die u.a. einen Anteil von 3 bis 30 % Cobalt-Metall und/oder von bis zu 15 % Nickel-Metall enthalten können. Die Herstellung von Hartmetallen bzw. Hartmetallwerkzeugen erfolgt durch Erzeugen eines pressfertigen Pulvers, Granulats oder einer Knetmasse, welche durch verschiedene Pressverfahren zu einem halbfesten Grünteil geformt wird. Das Grünteil wird direkt oder nach mechanischer Bearbeitung durch einen Sinter- und/oder Heißpressvorgang in das endfeste Hartmetall überführt. Die Bearbeitung gesinterter Hartmetallwerkzeuge erfolgt dann durch Schleifen, Honen, Läppen oder Polieren, Funkenerodieren oder Laserbearbeitung.

(3) In der DGUV Information 213-724 „Hartmetallarbeitsplätze – Empfehlungen Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (EGU) nach der GefStoffV“<sup>28</sup> sind Expositionsdaten und weitere konkrete Schutzmaßnahmen aufgeführt.

### **5.2.1 Verfahren und Tätigkeiten mit relevanter Exposition**

Eine Exposition gegenüber Cobalt kann während des gesamten Herstellungsprozesses erfolgen. Bei dem Recycling von Hartmetallen kann zudem eine Exposition gegenüber Nickelverbindungen und unter Umständen Chrom erfolgen. Vor dem Sintern liegt eine Exposition gegenüber dem Metallpulver bzw. einem Granulat vor. Nach dem Sintern, bei der Fertigbearbeitung, liegt meistens eine Exposition gegenüber einem Aerosol aus Kühlschmierstoff und Schleifabrieb vor.

### **5.2.2 Expositionssituation**

(1) Bei der Hartmetallherstellung kann insbesondere bei der Handhabung von Stäuben in offenen Systemen eine erhöhte Cobalt-Exposition auftreten. Besonders hohe Konzentrationen werden beim Einwiegen, beim Pressen, der Grünbearbeitung und beim Trockenschleifen gemessen. Bei den vorgenannten Tätigkeiten ist eine Exposition oberhalb der Toleranzkonzentration wahrscheinlich. Beim Nassschleifen ist die Exposition deutlich geringer und liegt in der Regel unterhalb der Toleranzkonzentration. In der DGUV Information 213-724 „Hartmetallarbeitsplätze - Empfehlungen Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (EGU) nach der Gefahrstoffverordnung“ wurden insgesamt 2.480 Messwerte aus 52 Betrieben ermittelt. Bezogen auf die Branche „Hartmetallherstellung und -verarbeitung“ waren es 1.130 und auf die Branche „Schleiferei“ 1.350 Messwerte. Die Ergebnisse sind repräsentativ für die Schicht. Das 90. Perzentil lag in fast allen Bereichen deutlich, das 50. Perzentil meist über der Toleranzkonzentration, allerdings wurden nur E-Staub-Messungen durchgeführt.

---

<sup>28</sup> [http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/i\\_790-024.pdf](http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/i_790-024.pdf).

(2) Bei der Herstellung von Hartmetall wird auch Nickelmetall häufig verwendet. Expositionen gegenüber Nickelverbindungen sind im Allgemeinen nicht zu erwarten. Auf den Arbeitsplatzgrenzwert zu Nickelmetall aus der TRGS 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“ wird hingewiesen.

(3) Bei dem Recycling von Hartmetallverbindungen sowie der Herstellung von Hartmetallpulvern aus Erzen kann es neben der Exposition gegenüber Cobalt auch zu Expositionen gegenüber Nickelverbindungen und -unter Umständen – Chrom(VI)-Verbindungen kommen. Diese treten insbesondere bei Hochtemperaturprozessen wie auch der Aufbereitung staubender Materialien auf.

### **5.2.3 Substitutionsmöglichkeiten**

Cobalt ist ein erforderliches Element für die Bindephase bei der Herstellung von Hartmetallen. Deshalb besteht keine Möglichkeit auf die Verwendung zu verzichten. Im Rahmen der Substitutionsprüfung ist zu prüfen, ob Werkstücke ohne Qualitätsverlust mit cobaltfreien bzw. mit Legierungen, die dieses Element in geringeren Anteilen enthalten, hergestellt werden können. Weiterhin ist zu prüfen, ob ein Verfahren mit einer insgesamt geringeren Gefährdung eingesetzt werden kann.

### **5.2.4 Schutzmaßnahmen**

(1) Die wichtigste Maßnahme zur Expositionsreduzierung ist die Verwendung geschlossener Anlagen mit integrierter Absaugung und Filterung. Je nach Fertigungsprozess ist zu prüfen, ob anstelle von Pulvern emissionsärmere Verwendungsformen (Granulate) eingesetzt werden können.

(2) Bei der Bearbeitung von Hartmetallwerkstücken ist nach Möglichkeit mit wassergemischten oder öligen Kühlschmierstoffen „nass“ zu schleifen. Bei der Verwendung von wassergemischten Kühlschmierstoffen sind besonders Produkte geeignet, die eine Lösung von Cobalt verhindern, insbesondere spezielle aminfreie Kühlschmierstoffe mit Buntmetallinhibitoren (z.B. Benzotriazol). Diese überführen gelöstes Metall (z.B. Cobalt) in eine Komplexverbindung, die dann abfiltriert werden kann. Die Inhibitoren müssen entsprechend der Herstellerempfehlung regelmäßig nachdosiert werden, da sie sich durch die laufende Metallzugabe verbrauchen. Die Durchführung dieser Arbeitsschritte sollte möglichst in abgesaugten Kabinen stattfinden. Wegen der Aerosolbildung ist darauf zu achten, dass die Kabinen nach dem Bearbeitungsprozess erst nach Absaugung des sichtbaren Nebels geöffnet werden.

(3) Eine trockene Verwendung darf nur in geschlossenen Anlagen oder offen mit hochwirksamer Absaugeinrichtung durchgeführt werden (siehe Nummer 4.2 dieser TRGS). Bei einer offenen Verwendung von cobalthaltigem Hartmetallpulver (z.B. beim Einfüllen/Einwiegen von Pulver und Granulaten, Trockenschleifen, Trockenbearbeitung) muss persönliche Schutzausrüstung gemäß DGUV-Regel 112-190 (vorrangig gebläseunterstützter Atemschutz oder Vollmasken mit Partikelfilter) getragen werden. Bei Reinigungs-, Wartungs- oder Instandhaltungsarbeiten an staubbelasteten Anlagen muss ebenfalls PSA getragen werden. Für Reinigungsarbeiten sind Geräte der Staubklasse H einzusetzen.

(4) Eine helle Farbgebung der Arbeitsplätze ist zu empfehlen. Dadurch werden Verunreinigungen durch Metallpulver schneller bemerkt.

(5) Belastete und nicht belastete Bereiche in Umkleieräumen sind so zu trennen, dass eine Kontamination der Straßenkleidung vermieden wird (Schwarz-Weiß-Prinzip). Separate Umkleieräume – getrennt durch Waschräume – sind anzustreben (vgl. DGUV-Information 213-724). Auch vor einer kurzen Pause (Trinken, Rauchen usw.) müssen die Beschäftigten

Hände und falls notwendig das Gesicht waschen, die Kleidung absaugen und die Schuhe säubern. Für die Reinigung der Kleidung haben sich spezielle Luftduschen bewährt. Umkleide-, Wasch- und Pausenräume (inkl. Mobiliar) sind feucht zu reinigen. Die Reinigung ist zu kontrollieren und zu dokumentieren.

### 5.3 Roheisen- und Stahlerzeugung

(1) DIN EN 10020:2000-07 (2.1) definiert Stahl als „Werkstoff, dessen Massenanteil an Eisen größer ist als der jedes anderen Elementes, dessen Kohlenstoffgehalt im Allgemeinen kleiner als 2 % ist und der andere Elemente enthält.“ Bei den „anderen Elementen“ handelt es sich hauptsächlich um Nichteisenmetalle. Die Norm unterscheidet zwischen unlegierten, nicht-rostenden und anderen legierten Stählen.

(2) Zur Herstellung von Stahl dienen zwei gängige Verfahren: Die Hochofenroute, in der Roheisen durch Reduktion von Eisenerz erzeugt und anschließend im Sauerstoff-Aufblaskonverter zu Rohstahl weiterverarbeitet wird, sowie das Elektrostahlverfahren, in dem Stahl in der Regel direkt aus Schrott gewonnen wird.

(3) Legierungsmittel werden zur Schmelze im Rahmen der Sekundärmetallurgie hinzugegeben, um eine Feineinstellung der Stahl-Zusammensetzung zu erhalten. Diese Legierungen können in fester Form oder in einem Hohldraht eingeschlossen vorliegen. Auch eine Pulverinjektion über Lanzen ist möglich. Der Übergang von der Flüssig- zur Festphase im Anschluss daran erfolgt im Strangguss oder Blockgussverfahren.

(4)

In der DGUV-Regel 109-601 „Branche Erzeugung von Roheisen und Stahl“<sup>29</sup> finden sich weitere Anforderungen des betrieblichen Arbeitsschutzes dieser Branche im Hinblick auf tätigkeits-, arbeitsplatz- und verfahrensbezogene Gegebenheiten.

#### 5.3.1 Verfahren und Tätigkeiten mit relevanter Exposition

Für die Belange dieser TRGS ist im Wesentlichen die Herstellung legierter Stähle aufgrund ihres Gehaltes an Chrom, Nickel oder Cobalt von Bedeutung. Bei der Bearbeitung legierter Stähle können Chrom(VI)-, Cobalt- und Nickel-Verbindungen freigesetzt werden.

#### 5.3.2 Expositionssituation

(1) Bei den für die Eisen- und Stahlerzeugung relevanten Einsatzstoffen (Erze, Konzentrate, Legierungselemente oder Schrotte) handelt es sich in der Regel um Schüttgüter. Nach der Anlieferung werden die Einsatzstoffe über mechanische Systeme in ein Zwischenlager verbracht (Bunker oder auf Halde), von dem sie - ebenfalls über mechanische Transporteinrichtungen - zum Einsatzort transportiert werden. Eisenerze werden im Hochofen eingesetzt, Schrotte im Stahlwerk und Legierungselemente in der Sekundärmetallurgie. Diese Prozesse laufen größtenteils automatisiert ab. Mit einer relevanten Exposition gegenüber krebserzeugenden Metallen ist wegen des geringen Anteils in den Ausgangsstoffen hier im Normalbetrieb nicht zu rechnen.

(2) Legierungszusätze können in Form von Pellets, Briketts, Barren, Drähten oder in unregelmäßiger, fester Form vorliegen. Es handelt sich um reine Metalle oder um Ferrolegierung-

---

<sup>29</sup> <http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/109-601.pdf>.

gen. Einzelne Legierungselemente können ebenfalls im Inneren von Hohldrähten oder in verpackter Form vorliegen. Sie können auch in Form hochlegierter Schrotte der Schmelze zugefügt werden. Beim Umschlagen von Legierungselementen oder Schrotten kann es, abhängig vom Staubungsverhalten der Stoffe, zu Staubbildung kommen. Bei der Rohstahlherstellung ist im Allgemeinen mit nur geringen Belastungen durch krebserzeugende Metalle zu rechnen. Üblich sind sowohl Primär- als auch Sekundärabsaugung. Die Öfen sind üblicherweise eingehaust.

(3) Höhere Expositionen sind im Bereich von Draht- und Stabstahlwalzwerken möglich. Grund dafür ist die technologisch unvermeidbare Entstehung von Zundern und Walzstäuben. Beim Walzen nichtrostender und anderen legierter Stähle ist lokal eine Exposition im Bereich hohen Risikos möglich, insbesondere gegenüber Cobalt und ggf. Nickelverbindungen.

(4) Die Herstellung nichtrostender und legierter Stähle erfolgt üblicherweise über den Prozess der Elektrostahlerzeugung. Hier ist mit einer Exposition gegenüber Chrom(VI)-Verbindungen zu rechnen. Durch Verunreinigungen der Einsatzstoffe ist auch eine Exposition gegenüber Cobalt nicht auszuschließen.

(5) Bei der Herstellung von Sonderstählen (z.B. hochwarmfest, korrosionsbeständig für den Anlagenbau, Offshore-Anwendungen, Turbinen usw.) ist insbesondere im Bereich der hochnickelhaltigen Legierungen mit relevanter Exposition gegenüber Nickelverbindungen zu rechnen.

### **5.3.3 Substitutionsmöglichkeiten**

In Abhängigkeit zu den jeweils erforderlichen Eigenschaften der Werkstoffe ist in der Regel keine Substitution möglich. Im Rahmen der Substitutionsprüfung ist zu untersuchen, ob emissions- und staubarme Anwendungs- und Verarbeitungsverfahren zur Verfügung stehen.

### **5.3.4 Schutzmaßnahmen**

(1) Beim Chargieren chrom-, nickel- oder cobalthaltiger und sonstiger Legierungszusätze ist der Einsatz in stückiger Form z.B. Briketts oder in verpackter Form zu bevorzugen.

(2) Schleifanlagen sollten durch Nassschleifen betrieben werden.

(3) Durch kurze Einsatzzeiten in unmittelbarer Nähe von Strahlanlagen oder Flämmanlagen kann die mögliche Exposition gegenüber krebserzeugenden Metallen reduziert werden.

(4) Durch kurze Einsatzzeiten in unmittelbarer Nähe von Warmwalzgerüsten oder beim Gießen kann die mögliche Exposition gegenüber krebserzeugenden Metallen reduziert werden.

(5) Im Bereich von Draht- und Stabstahlwalzwerken, bei der Elektrostahlerzeugung und bei der Herstellung von Sonderstählen ist eine Exposition insbesondere gegenüber Cobalt und Nickelverbindungen oberhalb der Toleranzkonzentrationen möglich. Saubere Arbeitskleidung und PSA ist daher getrennt von benutzter Arbeitskleidung und benutzter PSA aufzubewahren (Schwarz-Weiß-Bereich). Für Arbeitsplätze mit absehbar dauerhafter Überschreitung von Toleranzkonzentration, Arbeitsplatzgrenzwert oder Beurteilungsmaßstab ist eine räumliche Schwarz-Weiß-Trennung, beispielsweise durch zwei mit einem Waschraum verbundene Umkleieräume oder geeignete Schleusensysteme einzurichten.

## 5.4 Galvanotechnische und chemische Oberflächenbehandlung

- (1) Hierunter werden das galvanische (elektrochemische) und das außenstromlose (chemische) Behandeln von Oberflächen im Tauchverfahren verstanden.
- (2) Die Empfehlung zur Gefährdungsermittlung (EGU) „Galvanotechnik und Eloxieren“ (DGUV-Information 213-716, IFA-Report 3/2013)<sup>30</sup> enthält Expositionsdaten. In der DGUV-Regel „Branche Galvanik“ werden weitere konkrete Schutzmaßnahmen insbesondere hinsichtlich der Verwendung geeigneter PSA aufgeführt.

### 5.4.1 Verfahren und Tätigkeiten mit relevanter Exposition

- (1) Verfahren mit möglicher Exposition gegenüber Chrom(VI)-Verbindungen sind insbesondere das Hartverchromen, das Glanz- und Schwarzverchromen sowie das Chromatieren und das Beizen mit Chromsäure.
- (2) Exposition gegenüber Nickelverbindungen ist beim chemischen und galvanischen Vernickeln gegeben.
- (3) Cobaltexposition ist bei der Blaupassivierung nach dem Verzinken nicht auszuschließen. Zugegeben werden dabei Chrom(III)-Verbindungen (Chromsulfat) und Cobaltsulfat.
- (4) Die Exposition der Beschäftigten wird im Wesentlichen beeinflusst von der Wasserstoffentwicklung, der Konzentration der Einsatzstoffe im Prozessbehälter, der Anlagentechnik einschließlich dem Einsatz von Netzmitteln, den Verfahrensparametern, den lufttechnischen Verhältnissen und der Expositionszeit.
- (5) Bei den Verfahren in Lohngalvaniken werden händisch bediente, mit einem Hebezeug, Kran oder Beschickungsgerät bediente oder automatische Gestell- und Trommelanlagen eingesetzt. Die Prozessbehälter werden überwiegend offen betrieben und sind mit einer Randabsaugung ausgestattet. Zudem sind einige Chromelektrolyte mit einer emissionsmindernden Schaumabdeckung (Netzmittel) versehen. In einigen Bereichen werden eingehauste und abgesaugte Anlagen sowie Lüftungskabinen am Beschickungswagen eingesetzt.

### 5.4.2 Expositionssituation

- (1) Beim Hartverchromen sind die Beschäftigten Chrom(VI)-Konzentrationen bis zu etwa 25 µg/m<sup>3</sup> (95 %-Wert) ausgesetzt.
- (2) Niedrigere Chrom(VI)-Konzentrationen wurden im Allgemeinen beim Glanz- und Schwarzverchromen (< 2,5 µg/m<sup>3</sup>; 95 %-Wert) sowie beim Chromatieren (6,8 µg/m<sup>3</sup>; 95 %-Wert) gemessen.
- (3) Beim chemischen Vernickeln sind die Beschäftigten Konzentrationen gegenüber Nickelverbindungen bis zu 22 µg/m<sup>3</sup> (95 %-Wert, E-Fraktion) und beim galvanischen Vernickeln bis zu 31 µg/m<sup>3</sup> (95 %-Wert, E-Fraktion) ausgesetzt.
- (4) Die Cobaltexposition liegt beim Blaupassivieren bei < 1 µg/m<sup>3</sup>. Für diese Verfahren liegt eine Expositionsbeschreibung „Verzinken in galvanotechnischen Betrieben“<sup>31</sup> der BG E-TEM vor.

---

<sup>30</sup> <http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/213-716.pdf>.

<sup>31</sup> <https://www.bgetem.de/redaktion/arbeitsicherheit-gesundheitsschutz/dokumente-und-dateien/themen-von-a-z/gefahrstoffe/expositionsbeschreibungen/verzinken-in-galvanotechnischen-betrieben>.

### 5.4.3 Substitutionsmöglichkeiten

- (1) Die Substitutionsmöglichkeiten gestalten sich für die jeweiligen Verfahren sehr unterschiedlich. Es ist zu prüfen, ob Chrom(VI)-freie Verfahren für den Anwendungsbereich zur Verfügung stehen.
- (2) Für das Glanzverchromen sowie für das Chromatieren bzw. Passivieren stehen für spezifische Anwendungen Elektrolyte mit Chrom(III)-Verbindungen zur Verfügung. Diese sind anzuwenden, sofern technisch möglich und von den Produkthanforderungen zulässig.
- (3) Können keine Chrom(VI)-freien Elektrolyte angewendet werden, ist zu prüfen, ob Möglichkeiten zur Emissionsminderung bestehen. Die Verwendung wirksamer Netzmittel bzw. Schaumabdeckungen führt z. B. zu einer Reduzierung der Chrom(VI)-Konzentration in der Luft beim Hart-, Glanz- oder Schwarzverchromen.

### 5.4.4 Schutzmaßnahmen

- (1) Bei Umsetzung aller in der nachfolgenden Tabelle 3 aufgeführten technischen Schutzmaßnahmen kann der Arbeitgeber davon ausgehen, dass der Beurteilungsmaßstab für Chrom(VI)-Verbindungen sowie die Akzeptanzkonzentrationen für Nickel- und Cobaltverbindungen bei den aufgeführten Verfahren eingehalten werden.
- (2) Die mit X gekennzeichneten Schutzmaßnahmen sind immer anzuwenden; sie entsprechen den branchenüblichen Verfahren und Betriebsweisen.
- (3) Die mit Q gekennzeichneten Maßnahmen stellen über X hinausgehende, zusätzliche Schutzmaßnahmen nach dem Stand der Technik dar. Sie sind einzeln oder in Kombination zusätzlich zu den mit X gekennzeichneten Maßnahmen anzuwenden, bis der jeweilige Beurteilungsmaßstab unterschritten wird. Die Wirksamkeit der zusätzlichen Schutzmaßnahmen ist im Einzelfall durch Expositionsermittlung nachzuweisen. Damit wird das gemäß TRGS 910 geforderte Ergreifen technischer Maßnahmen nach dem Stand der Technik erfüllt. Für Neuanlagen enthält die TRGS 460 „Handlungsempfehlung zur Ermittlung des Standes der Technik“ ein Praxisbeispiel zum Stand der Technik für das Hartverchromungs-Verfahren.

**Tabelle 3:** Technische Maßnahmen zur Minderung der inhalativen Exposition zur Erreichung der Beurteilungsmaßstäbe für Chrom(VI)-Verbindungen sowie für Nickel- und Cobaltverbindungen

Verfahren	Emissionsmindernde Maßnahmen z.B. Einsatz von Netzmitteln (Schaumabdeckung)	Geschlossene Anlage mit Absaugung	Randabsaugung am Prozessbehälter	Lüftungskabine am Beschickungswagen	Abdeckung der Prozessbehälter	Raumlufttechnische Anlage
Hartverchromen Serienteile (z.B. Tiefdruck)		X				X
Hartverchromen wechselnde Teile (z.B. Lohngalvanik)	X		X	Q	Q	Q
Glanz- und Schwarzverchromen	X		X	Q	Q	Q

Chromatieren	X		X			Q
Vernickeln chemisch			X	Q	Q	Q
Vernickeln galvanisch			X	Q	Q	Q
Blaupassivierung			X			Q

X = Branchenübliche Verfahren und Betriebsweisen

Q = zusätzliche Maßnahmen nach dem Stand der Technik, wenn der Beurteilungsmaßstab nicht eingehalten wird (siehe auch DGUV Regel „Branche Galvanik“ nach Nummer 5.3 Absatz 2)

(4) Werden die Verfahren in geschlossenen Anlagen mit einer mechanischen Prozessbehälterabdeckung und Absaugung mit raumluftechnischen Anlagen oder in einer quasi-geschlossenen Anlage (Prozessbehälter mit mechanischer Prozessbehälterabdeckung und abgesaugtem Transportwagen) durchgeführt, kann davon ausgegangen werden, dass der Beurteilungsmaßstab für Chrom(VI)-Verbindungen und die Akzeptanzkonzentrationen für Nickelverbindungen sowie für Cobalt- und Cobaltverbindungen unterschritten wird. Die Wirksamkeit der raumluftechnischen Anlage muss hierbei sichergestellt sein.

(5) Sofern während der Umsetzung der unter Absatz 2 und 3 beschriebenen Maßnahmen eine Gefährdung nicht verhütet werden kann, ist diese durch Anwendung geeigneter organisatorischer Maßnahmen, gefolgt von individuellen Schutzmaßnahmen, die auch die Anwendung persönlicher Schutzausrüstung umfassen, auf ein Minimum zu verringern. Dies kann während der dreijährigen Frist zur Umsetzung des Maßnahmenplans (vgl. Nummer 3.1 Absatz 6 dieser TRGS) vor allem beim Hartverchromen wechselnder Teile der Fall sein.

## 5.5 Herstellung, Verwendung und Weiterbearbeitung chromathaltiger Beschichtungsstoffe

(1) Die Herstellung von Chrom(VI)-Verbindungen findet in Deutschland nicht mehr in nennenswertem Maßstab statt.

(2) Sechswertige Alkali-Dichromate, insbesondere Natriumdichromat, werden noch bei der Herstellung von Chrom(III)oxid-Pigmenten verwendet. Die Konzentration von Chrom(VI)-Verbindungen liegt hier typischerweise unterhalb des Beurteilungsmaßstabes.

(3) In der Luft- und Raumfahrt, in der Wehrtechnik sowie in kerntechnischen Anlagen werden Bauteile gefertigt, bei denen der Einsatz chromathaltiger Beschichtungsstoffe erforderlich ist. Auf den Bereich Luft- und Raumfahrt konzentrieren sich die folgenden Angaben.

### 5.5.1 Verfahren und Tätigkeiten mit relevanter Exposition

(1) Der primäre Korrosionsschutz eines metallenen Flugzeugs besteht unter anderem aus chromhaltiger Farbe/Primer. Daher ist mit relevanten Expositionen oberhalb des Beurteilungsmaßstabes zu rechnen, insbesondere bei:

1. Spritzlackierung von Flugzeugen, Großbauteilen, Komponenten mit chromathaltigen Grundierungen,
2. Ausbesserungslackierarbeiten mit Chromatierlösungen, kleinflächigem Farbauftrag oder Korrosionsschutz (mit Stift, Pinseln, Tupfen, Rollen, Touch-up, etc.),

3. mechanischem Bearbeiten (manuelles Bohren, Reiben, Senken, Fräsen, Schleifen, Bohren, Strahlen, Anrauen der Oberfläche etc.) von o.g. chromat-, nickel- bzw. cadmiumhaltig beschichteten Werkstücken.

### 5.5.2 Expositionssituation

(1) Die Arbeiten werden durchgeführt

1. in Lackier- und Strahlhallen,
2. in Lackierkabinen,
3. in geringem Umfang direkt im oder am Flugzeug.

(2) Bei der Spritzlackierung werden Beschichtungsstoffe mit druckluftgetriebenen Spritzpistolen unterschiedlicher Bauart (Becher-Pistolen, Airless-Systeme, elektrostatisches Spritzen) von Hand auf die Bauteile gesprüht. Hierbei treten um den Sprühkegel herum Sprühnebel (sogenanntes Overspray) auf, die deutlich mehr als 10 % der Verarbeitungsmenge ausmachen können. Chromathaltige Primer enthalten 5-10 % chromathaltiges Pigment. Die Belastung der Luft in unmittelbarer Nähe des Spühkegels liegt oberhalb des Beurteilungsmaßstabes für Chrom(VI)-Verbindungen.

(3) Bei großflächigem, mechanischem Anrauen/Schleifen der Oberflächen ist die Stauberfassung unvollständig. Es können Luftbelastungen bis zu  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  auftreten. Eine Stunde nach Ende des Schleifvorganges werden typischerweise keine Chrom(VI)-Verbindungen mehr in der Hallenluft nachgewiesen.

(4) Bei manuellem Bohren/Reiben/Senken werden die Arbeiten weitestgehend mit integrierten Absaugungen durchgeführt. Die Stauberfassung ist unvollständig und es muss im unmittelbaren Umfeld mit kurzfristigen Luftbelastungen in der Größenordnung von  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gerechnet werden. Außerhalb des direkten Umfeldes/Arbeitsplatzes sind keine Chromate nachweisbar.

(5) Bei kleinflächigen Ausbesserungsarbeiten ist die luftgetragene Belastung durch Chromate unwahrscheinlich, der Hautkontakt ist im Einzelfall zu prüfen.

### 5.5.3 Substitutionsmöglichkeiten

In der Luftfahrt gelten sehr hohe Anforderungen an die Materialeigenschaften, vor allem an den Korrosionsschutz. Es wurde bisher kein geeigneter Ersatz für die chromathaltigen Beschichtungen gefunden, der alle Anforderungen erfüllt und den vorgegebenen Tests standhält. Auch wenn die Substitution der krebserzeugenden Metalle in Neuprodukten gelingt, ist das mechanische Bearbeiten chromathaltiger Beschichtungsstoffe im Rahmen von Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten älterer Luftfahrzeuge bei einer Lebensdauer von > 50 Jahren in den kommenden Jahrzehnten unumgänglich.

### 5.5.4 Schutzmaßnahmen

(1) Spritzlackierung und großflächiges Schleifen muss in entsprechend abgetrennten und ausgestatteten Bereichen mit kontrollierter Absaugung und Raumluftechnik stattfinden.

(2) Es ist die erforderliche PSA, insbesondere Schutzkleidung (Schutzanzug), Atemschutz und Schutzhandschuhe zu tragen. Bis eine Stunde nach Ende des Lackier-/Schleifvorgangs ist in der gesamten Halle weiterhin Atemschutz zu tragen.

- (3) Bauteile und Arbeitsbereiche sind feucht zu reinigen, um chromathaltige Stäube zu binden.
- (4) Bei manuellem Bohren/Reiben/Senken ist geeignete Absaugung zu nutzen und zu prüfen, ob weitere technische, organisatorische und persönliche Schutzmaßnahmen erforderlich sind.

## **5.6 Batterieherstellung**

- (1) Batterien sind elektrochemische Speicher für elektrische Energie. Dabei wird unterschieden zwischen nicht-wiederaufladbaren Primärbatterien und wiederaufladbaren Sekundärbatterien (Akkumulatoren).
- (2) In der DGUV Information 203-082 „Herstellung von Batterien – Handlungshilfe für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen und ihren Verbindungen“<sup>32</sup> werden Expositionsdaten und weitere konkretisierende Schutzmaßnahmen aufgeführt.

### **5.6.1 Verfahren und Tätigkeiten mit relevanter Exposition**

- (1) Bei der Herstellung von Nickel-Cadmium-Akkumulatoren, Nickel-Metallhydrid-Akkumulatoren sowie Lithium-Akkumulatoren werden Tätigkeiten durchgeführt, bei denen Beschäftigte gegenüber den krebserzeugenden Metallen Cadmium, Cobalt und/oder Nickelverbindungen exponiert sein können.
- (2) Die Verfahren zur Herstellung von Batterien und Akkumulatoren können im Allgemeinen wie folgt beschrieben werden:
1. Fertigung der energiespeichernden Elektroden positiver und negativer Polarität. Dabei werden Feststoffe gepresst oder als Paste verarbeitet,
  2. Ggf. Zusammenbau der Elektroden mit Separatoren zu Elektrodenpaketen,
  3. Fertigung von Zellen- und Batteriegefäßen,
  4. Einlegen der Elektroden oder Elektrodenpakete in die Gefäße,
  5. Bereitstellung bzw. Einfüllung von Elektrolytflüssigkeiten,
  6. Verschließen der Batteriegehäuse,
  7. Formation (Erstladung) und elektrische Inbetriebnahme bei Akkumulatoren.
- (3) In der Fertigung von Batterien und Akkumulatoren werden auch vernickelte, nickelhaltige und cobaltbeschichtete Stähle eingesetzt.
- (4) Neben den batteriespezifischen o.a. Prozessen können galvanische Prozesse Anwendung finden (siehe auch Nummer 5.4 dieser TRGS). Die Formation ist nicht als galvanischer Prozess zu werten.

### **5.6.2 Expositionssituation**

- (1) Die Fertigungsverfahren können in der betrieblichen Praxis nicht durchgängig als abgesaugte oder geschlossene Systeme ausgeführt werden.

---

<sup>32</sup> [http://etf.bgetem.de/htdocs/r30/vc\\_shop/bilder/firma53/dguv\\_information\\_203-082\\_a08-2016.pdf](http://etf.bgetem.de/htdocs/r30/vc_shop/bilder/firma53/dguv_information_203-082_a08-2016.pdf).

(2) Bei den Fertigungsverfahren, die aus produktionstechnischen Gründen als offene Systeme ausgelegt sind, treten Expositionen gegenüber Cadmium-, Cobalt- und Nickelverbindungen oberhalb der Toleranzkonzentrationen auf. Dies trifft insbesondere für die Verarbeitung pulverförmiger Materialien und die Weiterverarbeitung von Elektroden und Plattensätzen zu.

(3) Werden bei den Fertigungsverfahren vollständig abgedeckte Systeme (mit Absaugung) verwendet, kann der Arbeitgeber davon ausgehen, dass die Toleranzkonzentrationen für Cadmium, Cobalt und Nickelverbindungen unterschritten werden.

### **5.6.3 Substitutionsmöglichkeiten**

(1) Die eingesetzten Metalle sind das bestimmende, elektrochemische Element des jeweiligen Batteriesystems. Bei den aufgeführten Batteriesystemen besteht keine Möglichkeit auf die Verwendung der krebserzeugenden Metalle zu verzichten.

(2) Im Rahmen der Substitutionsprüfung ist zu prüfen, ob ein Verfahren mit einer insgesamt geringeren Gefährdung eingesetzt werden kann. Hierzu gehört, ob anstelle von Pulver emissionsärmere Verwendungsformen (Pasten, Gele) einsetzbar sind.

### **5.6.4 Schutzmaßnahmen**

(1) In Bereichen mit mittlerem oder hohem Risiko ist eine räumliche Schwarz-Weiß-Trennung durch zwei mit einem Waschraum verbundenen Umkleideräume oder durch ein mit dem Arbeitsbereich verbundenen Schleusensystem zum An- und Ablegen der Arbeits- und Schutzkleidung erforderlich.

(2) Bei Kleinchargen ist eine entsprechende Vormischung oder Konfektionierung der Pulver mit dem Lieferanten anzustreben, um die Anzahl der Mischvorgänge zu reduzieren.

(3) Bei Großchargen ist der Abfüllvorgang als geschlossenes System auszuführen. Ist dies nicht möglich, sind Absaugeinrichtungen nach dem Stand der Technik zu verwenden. Aus prozesstechnischen Gründen ist die Erhöhung des Absaugvolumens begrenzt (Verwirbelung sowie Gefahr der Brandentstehung bei Wasserstoff-Speicherlegierungen).

(4) Für außergewöhnliche Verunreinigungen in Arbeitsbereichen (z. B. bei unkontrolliertem Austreten von Stäuben oder Pasten) ist eine geeignete mobile Absauganlage im Produktionsbereich vorzuhalten.

(5) In Bereichen, in denen die Toleranzkonzentrationen trotz Anwendung technischer sowie organisatorischer Maßnahmen nicht eingehalten werden können, sind persönliche Schutzausrüstungen (partikelfiltrierende Atemschutzmaske, gebläseunterstütztes Atemschutzsystem) einzusetzen.

(6) Aufgrund der Expositionsmöglichkeit gegenüber mehreren Metallen wird generell empfohlen, die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen durch ein regelmäßiges Biomonitoring im Rahmen der arbeitsmedizinischen Vorsorge zu überprüfen (siehe auch Nummer 6 dieser TRGS).

## **5.7 Recycling von Elektronikschrott, PVC-Profilen, Batterien und Solarmodulen**

### **5.7.1 Verfahren und Tätigkeiten mit relevanter Exposition**

(1) Beim Erfassen und Sortieren massiver, metallischer Schrotte ist nicht von relevanter Exposition gegenüber krebserzeugenden Metallen auszugehen.

- (2) Beim Recycling von Elektronikschrott (Reinigungs- und Zerlegearbeitsplätze), in dem krebserzeugende Metalle enthalten sind, besteht Expositionsgefahr gegenüber krebserzeugenden Metallen und Stäuben, die bei der Demontage freigesetzt werden können. Beryllium findet u.a. als Legierungsbestandteil (z.B. in Kollektoren und mechanischen Bauteilen) Verwendung. Cadmium befindet sich in Akkumulatoren, Weichloten, Platinen und in Form von Cadmiumsulfid in der Leuchtschicht, die auf der Innenseite des Frontglases von Bildröhren aufgebracht ist. Cobalt kann in Farbstoffen und Lackierungen vorkommen. Nickel (nicht Nickelverbindungen) kommt u.a. in Leiterplatten, Thermoelementen, Akkumulatoren und in den Lochmasken von Bildröhren vor.
- (3) Cobalt und Nickelverbindungen können aus Batterien im Elektronikschrott in automatisierten Anlagen freigesetzt werden, wenn diese nicht im Vorfeld entnommen werden. Die Konzentration im Elektronikschrott ist zurzeit noch sehr gering, kann aber ggf. zukünftig steigen.
- (4) Kunststoffprofile aus Hart-PVC können Cadmiumstabilisatoren enthalten, die beim Recycling zu relevanter Exposition führen.
- (5) Gerätebatterien, die mehr als 0,002 Gewichtsprozent Cadmium enthalten, dürfen in der EU nicht in Verkehr gebracht werden (national durch das Batteriegelgesetz geregelt). Dieser Batterietyp wird nur noch mit Sondergenehmigung in Nischenanwendungen (medizinische Ausrüstung, Notbeleuchtung) eingesetzt. Dennoch befinden sich noch Nickel-Cadmium-Batterien im Rücklauf (5,7 % der im Jahre 2014 eingesammelten Batterien in Deutschland). In der Regel wird das Cadmium im Vakuum oder in einer inerten Atmosphäre (reaktionshemmende Umgebung) durch Destillation zurückgewonnen, da es einen deutlich niedrigeren Siedepunkt als die anderen Bestandteile wie Eisen und Nickel hat. Das Cadmium kann bei der Herstellung neuer NiCd-Batterien (1 % der in Verkehr gebrachten Batterien, in der EU ab dem 1. Januar 2017 nicht mehr erlaubt) wiederverwendet werden.
- (6) Das Recycling von Solarmodulen ist nach der Richtlinie über Elektro- und Elektronik-Altgeräten (WEEE-Richtlinie 2012/19/EU) vorgeschrieben. Mit einer Exposition gegenüber Cadmium und Arsenverbindungen ist insbesondere bei Nicht-siliziumbasierten Photovoltaik-Modulen zu rechnen. Die Mindestanforderungen an das Recycling von Solarmodulen werden in Europäischen Normen geregelt<sup>33</sup>.

### 5.7.2 Expositionssituation

- (1) Beim Elektronikschrottreycling kann die Höhe der Exposition von verschiedenen Parametern beeinflusst werden (u. a. Alter und Verschmutzungsgrad der Geräte, Gerätedurchsatz am Arbeitsplatz, Art und Gestaltung der Schutztechnik, individuelle Arbeitsweise). Bei Beachtung der in der BGIA-Empfehlung „Manuelle Zerlegung von Bildschirm- und anderen Elektrogeräten“<sup>34</sup> aus dem Jahr 2001 beschriebenen technischen, organisatorischen, hygienischen und persönlichen Schutzmaßnahmen ist ein relevanter Beitrag zur Exposition nur von

---

<sup>33</sup> Norm EN 50625-2-4 „Behandlungsanforderungen für Photovoltaikmodule“ und dazugehörige Technische Spezifikation TS 50625-3-5 sind in Vorbereitung.

<sup>34</sup> [http://www.dguv.de/medien/ifa/de/prg/bg\\_bgia\\_empfehlungen/1037-Manuelle\\_Zerlegung\\_von\\_Bildschirm-\\_und\\_anderen\\_Elektrogeraeten.pdf](http://www.dguv.de/medien/ifa/de/prg/bg_bgia_empfehlungen/1037-Manuelle_Zerlegung_von_Bildschirm-_und_anderen_Elektrogeraeten.pdf).

Cadmium zu erwarten. Die gemessenen Werte liegen zum Teil über der Toleranzkonzentration<sup>35</sup>, insbesondere wenn der zu demontierende Elektronikschrott nicht in geschlossenen Reinigungskabinen vorgereinigt wird.

(2) Beim Absaugen der Leuchtschicht von Bildröhren wurde wiederholt eine sehr hohe Exposition gegenüber Cadmium (bis 140 µg/m<sup>3</sup>) beobachtet.

(3) Beim Recycling von PVC-Profilen lagen die in den Jahren 1996 bis 2003 gemessenen Schichtmittelwerte für Cadmium<sup>36</sup> bei 0,4 µg/m<sup>3</sup> und ergeben somit eine Überschreitung der Akzeptanzkonzentration. Diese erhöhten Werte sind insbesondere auf das Mischen ohne wirkungsvolle Absaugung zurückzuführen. Bei Einhaltung der in der Handlungsanleitung aufgeführten Arbeitsweisen und Schutzmaßnahmen ist eine höhere Konzentration nicht zu erwarten.

(4) Beim Batterierecycling besteht ein Expositionsrisiko in allen mechanischen Behandlungsschritten, die ein Beschädigen bzw. Öffnen der Zellen zur Folge haben. Hier sind insbesondere halb- oder vollautomatisierte WEEE-Anlagen zu nennen, die z.B. durch Brecher oder Shredder einen Aufschluss der mit Batterien versehenen elektrischen Geräte erzwingen. Cadmium bzw. Cd(OH)<sub>2</sub> kann dann als Feinstaub ausgetragen und verschleppt werden. Während einer gezielten, destillativen Extraktion von Cadmium aus Batterien ist mit Freisetzungen nur dann zu rechnen, wenn die verwendete Anlagentechnik keine hermetische Trennung zwischen Destillationsraum und Arbeitsraum der Mitarbeiter gewährleistet. Eine Exposition ist zudem bei Chargierungs- und Dechargierungsvorgängen möglich.

(5) Expositionsdaten zum Recycling von Solarzellen sind noch nicht verfügbar. Geht man von einer Größe eines Panels von 1 m<sup>2</sup> aus, kann je nach Bauart und Technik des Panels jedoch eine nicht zu vernachlässigende Menge Cadmiumtellurid und/oder Cadmiumsulfid enthalten sein. Bei Panels, deren Halbleiterschicht aus Cadmiumtellurid aufgebaut ist, kann der stöchiometrische, im Halbleiter gebundene Cadmiumanteil bis zu 9 g betragen, bei anderen Dünnschicht-Techniken liegt die Menge an Cadmium aus Cadmiumsulfid im Bereich bis zu 1 g. Die Mengen an verbautem Cadmiumtellurid und/oder Cadmiumsulfid können damit theoretisch durchaus eine Expositionsquelle darstellen. Beide Substanzen werden bei heutigen Aufarbeitungsmethoden nicht im mechanischen Aufschluss freigesetzt, sondern erst im nass-chemischen, gekapselten Recycling-Prozess in Lösung gebracht. In diesem Schritt ist das Entstehen von krebserzeugenden Cadmium-Verbindungen nicht auszuschließen.

### 5.7.3 Substitutionsmöglichkeiten

Die Prüfung auf stoffliche Substitutionsmöglichkeiten ist beim Recycling nicht möglich. Darüber hinaus ist bei den in dieser TRGS beschriebenen Bereichen das Recycling vielfach gesetzlich vorgeschrieben (u.a. bei Solarzellen aufgrund der WEEE (2002/96/EG) oder der Batterie-RL (2006/66/EG)).

### 5.7.4 Schutzmaßnahmen

(1) Beim Elektronikschrottreycling ist bei der Demontage Staubaufwirbelung zu vermeiden, z.B. durch geeignete Wahl des Zerlegewerkzeuges. Bei der Arbeitsplatzreinigung sind staubarme Verfahren anzuwenden und die Reinigung ist ohne staubbindende Maßnahmen

---

<sup>35</sup> Regierungspräsidium Kassel Handlungsanleitung zur guten Arbeitspraxis „Elektronikschrottreycling – Tätigkeiten mit Gefahrstoffen bei der manuellen Zerlegung von Bildschirm- und anderen Elektrogeräten“.

<sup>36</sup> LUBW Handlungsanleitung zur guten Arbeitspraxis „Kunststoffverwertung – Tätigkeiten mit Gefahrstoffen und biologischen Arbeitsstoffen bei der werkstofflichen Verwertung von Kunststoffen“.

nicht zulässig. Beschäftigte müssen für die Demontage qualifiziert werden, so dass sie bei der Demontage diejenigen Bauteile erkennen, die Gefahrstoffe enthalten. Die Demontage von Bildröhrengeräten erfolgt in geschlossenen Reinigungskabinen.

(2) Für das Kunststoffrecycling und die dabei potentiell austretenden Gefahrstoffe (insbesondere Cadmium) wurde ein verfahrens- und stoffspezifische Kriterium (VSK) definiert, bei dessen Anwendung die Exposition minimiert und der Umgang als sicher angesehen werden kann<sup>37</sup>.

(3) Beim Batterierecycling ist bei Chargierungs- und Dechargierungsvorgängen geeigneter Atemschutz zu tragen (mindestens Klasse P 2).

(4) Die möglichen Belastungen, die beim Recycling von Solarmodulen entstehen können, sind aktuell nicht belastbar abzuschätzen. Generell empfiehlt sich daher eine Orientierung an den Maßnahmen der oben genannten VSK zum Kunststoffrecycling bzw. der BGIA-Empfehlung zur manuellen Zerlegung von Bildschirm- und anderen Elektrogeräten (siehe Nummer 5.7.2 Absatz 1 dieser TRGS).

## **5.8 Herstellung und Verwendung von Katalysatoren und Pigmenten**

(1) Die Herstellung von Katalysatoren umfasst die Herstellung chemischer Katalysatoren auch auf Basis krebserzeugender Metalle und deren Verbindungen insbesondere der Elemente Nickel und Cobalt.

(2) Angewendet werden die chemischen Katalysatoren in reiner Form und als Metalloxide auf Trägern. Diese werden über Dosieranlagen zu den Reaktoren dosiert oder die Reaktoren werden vor Inbetriebnahmen mit den Katalysatoren befüllt.

(3) Es bestehen zurzeit keine Empfehlungen im Rahmen einer DGUV Information.

### **5.8.1 Verfahren und Tätigkeiten mit relevanter Exposition**

(1) Bei der Herstellung und Verwendung von Katalysatoren werden Tätigkeiten durchgeführt, bei denen Beschäftigte gegenüber krebserzeugenden Metallen exponiert sein können.

(2) Die Verfahren zur Herstellung von Katalysatoren können im Allgemeinen wie folgt beschrieben werden:

1. Herstellung von Metalllösungen aus krebserzeugenden Metallen,
2. Herstellung von Metallsalzsuspensionen aus Metalllösungen,
3. Trocknung und ggf. Formgebung der Metallsalze,
4. Kalzinierung der Metallsalze zu Metalloxiden,
5. Reduktion der Metallsalze zu krebserzeugenden Metallen,
6. Stabilisierung und ggf. Formgebung der Metallkatalysatoren und/oder deren Oxiden.

(3) Bei der Verwendung für die Katalysatordosierung in Reaktionsgemischen bzw. als Festbett- oder anderer Reaktoren sind die wesentlichen Verfahren der Einbringungsprozess der Katalysatoren in die Reaktoren sowie nach Ablauf der Lebensdauer (Verlust einer hinreichenden Aktivität der Katalysatoren) der Ausbau und Passivierung der Katalysatoren.

---

<sup>37</sup> LUBW Handlungsanleitung zur guten Arbeitspraxis „Kunststoffverwertung – Tätigkeiten mit Gefahrstoffen und biologischen Arbeitsstoffen bei der werkstofflichen Verwertung von Kunststoffen“.

### 5.8.2 Expositionssituation

(1) Bei den Fertigungsverfahren, die aus produktionstechnischen Gründen als offene bzw. nicht vollständig geschlossene Systeme ausgelegt sind, tritt eine Exposition gegenüber krebserzeugenden Metallen oberhalb der Toleranzkonzentrationen auf. Dies trifft für die Trocknung der Metallsuspensionen, aber insbesondere für die Formgebung bzw. Weiterverarbeitung von pulverförmigen Materialien und die Weiterverarbeitung von geformten Katalysatoren zu. Weiterhin können Befüll- und/oder Abfüllvorgänge eine Exposition oberhalb der Toleranzkonzentrationen für krebserzeugende Metalle sowie deren Verbindungen verursachen.

(2) Bei der Vorbereitung der Verwendung und der Verwendung der Katalysatoren können wiederum Befüllvorgänge und Prozesse des Ausbaus und der Passivierung der Katalysatoren eine Exposition gegenüber krebserzeugenden Metallen oberhalb der Toleranzkonzentrationen verursachen.

### 5.8.3 Substitutionsmöglichkeiten

(1) Die eingesetzten Metalle sind für die jeweiligen chemischen Reaktionen die chemisch einzigen verwendbaren Reaktionskatalysatoren. Bei den Reaktionssystemen besteht keine Möglichkeit, auf die Verwendung dieser krebserzeugenden Metalle zu verzichten.

(2) Im Rahmen der Substitutionsprüfung ist zu prüfen, ob ein Verfahren mit einer insgesamt geringeren Gefährdung eingesetzt werden kann. Hierzu gehört, ob anstelle von Pulver emissionsärmere Verwendungsformen (Tabletten, Extrudate, etc.) einsetzbar sind.

### 5.8.4 Schutzmaßnahmen

(1) Die Fertigungsverfahren sowie Befüll- und Entleerungsvorgänge können in der betrieblichen Praxis nicht durchgängig als abgesaugte oder geschlossene Systeme ausgeführt werden.

(2) Werden bei den Fertigungsverfahren geschlossene Systeme (mit Absaugung) verwendet, kann der Arbeitgeber davon ausgehen, dass die Toleranzkonzentrationen für Cobalt und Nickelverbindungen unterschritten werden.

(3) Bei Rohwaren- und Katalysatorzwischenprodukteinsätzen über BigBag-Chargierung sind entsprechende BigBag-Stationen mit schließenden Andockungen (z.B. über Blähmanschetten oder Klemmvorrichtungen) vorzusehen. Entsprechende Einrichtungen sind bei Fassabfüllungen anzustreben (Schürzenführung des Fallgutes, etc.).

(4) Umfüllungen von Fassware in BigBags sind geschlossen und an Übergabestellen mit entsprechenden Dichtsystemen für die BigBag-Aufnahme auszulegen und, wo möglich, mit lokaler Absaugung auszustatten.

(5) Bei Um- und Abfüllvorgängen pulverförmiger Katalysatorzwischen- und/oder -endprodukte sowie bei der Weiterverarbeitung (z.B. Tablettierung, Formgebung, Siebung, etc.) sind die verwendeten Anlagen, soweit technisch möglich, als geschlossenes System auszuführen. Ist dies nicht möglich, sind wirksame Absaugeinrichtungen zu verwenden. Aus prozesstechnischen Gründen ist die Erhöhung des Absaugvolumens begrenzt (Verwirbelung sowie Gefahr der Brandentstehung bei pyrophoren Katalysatorzwischen- und -endprodukten).

- (6) In Bereichen, in denen die Toleranzkonzentrationen trotz Anwendung technischer sowie organisatorischer Maßnahmen nicht eingehalten werden können, sind persönliche Schutzausrüstungen (partikelfiltrierende Atemschutzmaske, gebläseunterstützter Atemschutz) einzusetzen.
- (7) In Bereichen mit hohem Risiko ist eine räumliche Schwarz-Weiß-Trennung durch zwei mit einem Waschraum verbundenen Umkleeräume oder durch ein mit dem Arbeitsbereich verbundenen Schleusensystem zum An- und Ablegen der Arbeits- und Schutzkleidung erforderlich.
- (8) Aufgrund der Expositionsmöglichkeit gegenüber mehreren Metallen wird generell empfohlen, die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen durch ein regelmäßiges Biomonitoring zu überprüfen (siehe auch Nummer 6 dieser TRGS).

## 5.9 Weitere spezielle Bereiche

In diesem Abschnitt werden in knapper Form Hinweise zu Bereichen gegeben, bei denen ebenfalls mit einer Exposition gegenüber krebserzeugenden Metallen zu rechnen ist, diese aber im Rahmen dieser TRGS nicht umfassend betrachtet werden. Dies ist zum Beispiel der Fall, wenn die Exposition typischerweise unter der Toleranzkonzentration liegt oder vorrangig andere Regelwerke greifen. Die Auflistung der Bereiche in diesem Abschnitt ist nicht als vollständig oder abschließend zu verstehen.

### 5.9.1 Dentaltechnik

- (1) In Dentallaboratorien werden zahntechnische Werkstücke (u. a. Kronen, Brücken und Modellgusswerkstücke) hergestellt und bearbeitet. Bestehen diese aus Nichtedelmetall-Legierungen, ist Cobalt zwischen 30 und 70 % Legierungsbestandteil.
- (2) Nickelhaltige Legierungen werden für kieferorthopädischen Werkstücke wie Spangen oder Drähte verwendet. Deren Verarbeitung erfolgt durch Kaltverformung ohne Freisetzung von Nickelverbindungen oder metallischem Nickel (AGWGeltungsbereich).
- (3) In der Expositionsbeschreibung „Verarbeitung von Nichtedelmetall-Legierungen in Dentallaboratorien“ der BG ETEM aus dem Jahr 2015<sup>38</sup> sind Expositionsdaten zu Cobalt in der E-Fraktion und konkrete Schutzmaßnahmen aufgeführt.
- (4) Die dentaltechnischen Werkstücke werden nach dem Gießen und Ausbetten zunächst vom Gusskegel getrennt und anschließend durch Fräsen, Schleifen und Polieren spanend bearbeitet. Die Bearbeitung erfolgt manuell am handgehaltenen Werkstück mit dem Handstück, in dem jeweils rotierende Fräs-, Schleif- oder Polierwerkzeuge eingespannt sind. Dabei sind die Beschäftigten gegenüber Cobalt und seinen Verbindungen bis maximal 2,4 µg/m<sup>3</sup> (E-Staub, 95-Perzentil) exponiert.
- (5) Für die Herstellung von Kronen und Brücken können technisch auch Edelmetalllegierungen und Oxidkeramiken eingesetzt werden. Die Entscheidung über die Verwendung der Werkstoffe trifft der behandelnde Zahnarzt.

---

<sup>38</sup> <https://www.bgetem.de/redaktion/arbeits-sicherheit-gesundheitsschutz/dokumente-und-dateien/themen-von-a-z/gefahrstoffe/expositionsbeschreibungen/expositionsbeschreibung-verarbeitung-von-nichtedelmetall-legierungen-in-dentallaboratorien>.

(6) In Deutschland werden berylliumhaltige Legierungen nicht mehr verwendet. Es ist aber nicht auszuschließen, dass Patienten im Ausland gefertigte zahntechnische Werkstücke tragen, die berylliumhaltig sind und es daher ggf. zu einer Exposition mit Beryllium kommen kann.

(7) Bei der Umsetzung der folgenden Schutzmaßnahmen kann der Arbeitgeber davon ausgehen, dass die Toleranzkonzentration für Cobalt und seine Verbindungen bzw. für Nickelverbindungen eingehalten wird:

1. Einsatz staubtechnisch geprüfter Erfassungseinrichtungen und Absauganlagen einschließlich der vom Hersteller empfohlenen Filter und Zusatzeinrichtungen,
2. Nutzung von Sichtscheiben an den Erfassungseinrichtungen,
3. bestimmungsgemäßer Betrieb der Absaugeinrichtungen,
4. regelmäßige Reinigung, Wartung und Prüfung der Wirksamkeit der Absaugtechnik entsprechend den Herstellervorgaben mit Dokumentation.

(8) Erfassungseinrichtungen und Absaugsysteme entsprechen dem Stand der Technik, wenn diese nach dem DGUV Test „Grundsätze für die Prüfung und Zertifizierung von Erfassungseinrichtungen und Absaugsystemen für Dentallaboratorien“ GS-IFA-M 20, Ausgabe 12/2012 positiv geprüft wurden.

### **5.9.2 Glasherstellung**

(1) Arsen, insbesondere in Form von Arsentrioxid, spielt in der Flach- und Hohlglasindustrie keine nennenswerte Rolle mehr. Bei der Herstellung von Spezialgläsern wird es aufgrund von spezifischen Anforderungen weiterhin benötigt.

(2) Die Konzentrationen von Arsenverbindungen im Bereich der Glasherstellung liegen überwiegend unterhalb der Akzeptanzkonzentration und in einigen Fällen zwischen Akzeptanz- und Toleranzkonzentration.

(3) Die in Nummer 4 dieser TRGS beschriebenen Maßnahmen sind entsprechend anzuwenden.

## **6 Arbeitsmedizinische Prävention**

Die arbeitsmedizinische Prävention umfasst bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen und ihren Verbindungen in der Regel die Beteiligung des Betriebsarztes an der Gefährdungsbeurteilung, der allgemeinen, arbeitsmedizinisch-toxikologische Beratung und der arbeitsmedizinischen Vorsorge.

### **6.1 Beteiligung des Betriebsarztes an der Gefährdungsbeurteilung und Erkenntnisse aus der arbeitsmedizinischen Vorsorge**

(1) Bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen soll der Betriebsarzt bzw. der mit der arbeitsmedizinischen Vorsorge beauftragte Arzt bei der Erstellung der Gefährdungsbeurteilung beteiligt werden. Die Beteiligung des Arbeitsmediziners kann je nach den Gegebenheiten unterschiedlich ausgeprägt sein und reicht von kurzen schriftlichen oder mündlichen Stellungnahmen bis zum Erstellen der Gefährdungsbeurteilung im Auftrag des Arbeitgebers. Die Verpflichtungen des Arbeitgebers bleiben unberührt.

(2) Im Vordergrund der Beteiligung an der Gefährdungsbeurteilung steht die Berücksichtigung der krebserzeugenden und sonstigen chronisch-schädigenden Wirkungen der Metalle sowie Belastungen durch das Tragen von persönlicher Schutzausrüstung. Die Arbeitsschwere muss in die Beurteilung der inhalativen Belastung einbezogen werden.

(3) Der Arbeitgeber hat bei der Gefährdungsbeurteilung die Erkenntnisse aus der arbeitsmedizinischen Vorsorge (einschließlich Biomonitoring) sowie allgemein zugängliche, veröffentlichte Informationen hierzu zu berücksichtigen.

(4) Der mit der arbeitsmedizinischen Vorsorge beauftragte Arzt berät den Arbeitgeber insbesondere auch über Mitteilungen nach § 6 Absatz 4 ArbMedVV (siehe Nummer 6.3 Absatz 9 dieser TRGS). Diese Beratung erfolgt unter Einhaltung der ärztlichen Schweigepflicht.

## **6.2 Allgemeine arbeitsmedizinisch-toxikologische Beratung**

(1) Bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen hat der Arbeitgeber sicherzustellen, dass die Beschäftigten eine allgemeine arbeitsmedizinisch-toxikologische Beratung erhalten. Ziel ist die Information der gefährdeten Mitarbeiter z.B. im Rahmen einer Unterweisung. Sie wird in der Regel in einer Gruppe durchgeführt und ist damit zu unterscheiden von der individuellen Beratung, die Bestandteil der arbeitsmedizinischen Vorsorge ist.

(2) Sie erfolgt auf der Grundlage der Gefährdungsbeurteilung ggf. unter Beteiligung des Betriebsarztes und soll hauptsächlich die Erläuterung der möglichen, gesundheitlichen Folgen und deren Vermeidung, die Möglichkeit der Verschleppung von Gefahrstoffen sowie die Information über die Ansprüche der Beschäftigten auf arbeitsmedizinische Vorsorge in einer für den Laien verständlichen Beschreibung zum Inhalt haben. Sie soll auch über den Nutzen und Umfang der arbeitsmedizinischen Vorsorge informieren und zur aktiven Beteiligung daran motivieren. Das Beteiligungsgebot des Betriebsarztes kann z.B. erfüllt werden durch Schulung von Führungskräften oder durch Mitwirkung bei der Erstellung geeigneter Unterweisungsmaterialien.

(3) Im Rahmen der allgemeinen arbeitsmedizinisch-toxikologischen Beratung bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen ist u. a. auf folgende Aspekte hinzuweisen:

1. Die Hauptaufnahmewege für metallhaltige Stäube sind der inhalative und der orale Weg. Einatembarer und alveolengängiger, anorganischer Metallstaub kann dosisabhängig zu einer dauerhaften und schwer behandelbaren Schädigung der Lunge führen. Nach einer Latenz von ca. 20-30 Jahren können schwere Schädigungen der Atemorgane und Krebserkrankungen an verschiedenen Organen entstehen. Das Risiko der Krebsentstehung steigt tendenziell mit zunehmender Aufnahmedosis von krebserzeugenden Metallstäuben.
2. Die Umsetzung der in der Betriebsanweisung festgelegten Schutzmaßnahmen, einschließlich der persönlichen Schutzausrüstung und der Arbeitshygiene kann die Gesundheitsrisiken deutlich reduzieren. Dabei ist unter anderem darauf hinzuweisen, dass durch nicht ausreichende Händehygiene z. B. vor dem Essen, durch Rauchen, Nagelkauen oder Barttragen direkt oder indirekt die Gefahr einer Aufnahme von krebserzeugenden Metallen in den Körper steigen kann.
3. Fortgesetztes, inhalatives Zigarettenrauchen kann die nachteilige Wirkung von Metallstäuben verstärken, da der Selbstreinigungsmechanismus der Lunge nachhaltig gestört wird. Ein Rauchstopp kann eine signifikante Risikoreduktion bewirken.
4. Maßnahmen zur Vermeidung der Verschleppung von Kontaminationen sind zu betonen.
5. Die medizinischen Aspekte des Gebrauchs von persönlicher Schutzausrüstung (z.B. Schutzhandschuhe, Schutzkleidung Atemschutz), einschließlich Handhabung, maximale

Tragzeiten und Wechseltturnus, mögliche Belastungen und Beanspruchungen durch persönliche Schutzausrüstung sind zu erläutern.

6. Soweit relevant, ist auf die Problematik der Feuchtarbeit einschließlich der Hautschutz- und Hautpflegemaßnahmen hinzuweisen.
7. Für viele krebserzeugende Metalle kann im Rahmen der arbeitsmedizinischen Vorsorge ein Biomonitoring genutzt werden, um zu untersuchen, ob der einzelne Arbeitnehmer durch seine Tätigkeit mit dem Metall belastet ist und um die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen zu überprüfen. Biomonitoring darf nur mit Zustimmung der oder des Beschäftigten durchgeführt werden.
8. In der Berufskrankheiten-Liste (Anlage 1 der Berufskrankheitenverordnung<sup>39)</sup>) sind Krankheiten, die durch metallhaltige Stäube entstehen können, aufgeführt.

### **6.3 Individuelle arbeitsmedizinische Vorsorge**

(1) Arbeitsmedizinische Vorsorge richtet sich nach der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) und den dazu veröffentlichten Arbeitsmedizinischen Regeln (AMR).

(2) Arbeitsmedizinische Vorsorge dient der Beurteilung der individuellen Wechselwirkungen von Arbeit und physischer und psychischer Gesundheit und der Früherkennung arbeitsbedingter Gesundheitsstörungen sowie der Feststellung, ob bei Ausübung einer bestimmten Tätigkeit eine erhöhte gesundheitliche Gefährdung besteht (§ 2 Absatz 1 Nummer 2 ArbMedVV). Dabei steht die Aufklärung und Beratung der Beschäftigten zur Tätigkeit mit krebserzeugenden Metallen und ihren Verbindungen und den sich daraus ergebenden Gefährdungen für ihre Gesundheit im Vordergrund. Ein wesentlicher Bestandteil der arbeitsmedizinischen Vorsorge ist das Biomonitoring, sofern dafür arbeitsmedizinisch anerkannte Analyseverfahren und geeignete Werte zur Beurteilung zur Verfügung stehen. Dabei sind vorrangig die Äquivalenzwerte in biologischem Material zu Akzeptanz- und Toleranzkonzentrationen nach TRGS 910 heranzuziehen (Tabelle 4). Mittels Biomonitoring wird die individuelle Gesamtbelastung (als Resultat einer möglichen Aufnahme über die Lunge, die Haut oder den Magen-Darm-Trakt) mit einem der in Tabelle 4 genannten Metalle festgestellt. Um zu untersuchen, ob der Beschäftigte durch seine Tätigkeit mit dem Metall belastet ist, muss im Rahmen der arbeitsmedizinischen Vorsorge Biomonitoring vor und nach dieser Tätigkeit angeboten werden. Liegt eine Belastung vor, müssen ggf. weitere Schutzmaßnahmen in Betracht gezogen werden (siehe Absatz 9). Wenn körperliche oder klinische Untersuchungen aus Sicht des Arztes für die Aufklärung und Beratung nicht erforderlich sind oder vom Beschäftigten abgelehnt werden, kann sich die arbeitsmedizinische Vorsorge auf ein Beratungsgespräch beschränken.

(3) Arbeitsmedizinische Vorsorge ist für die betroffenen Beschäftigten nach § 4 Absatz 1 in Verbindung mit Anhang Teil 1 Absatz 1 Nummer 1 Buchstabe b und/oder c ArbMedVV durch den Arbeitgeber vor Aufnahme der Tätigkeit und danach in regelmäßigen Abständen (vgl. AMR 2.1) zu veranlassen (Pflichtvorsorge), wenn am Arbeitsplatz eine wiederholte Exposition gegenüber Arsenverbindungen, Beryllium, Cadmium und Cadmiumverbindungen, Chrom(VI)-Verbindungen oder Nickelverbindungen nicht ausgeschlossen werden kann (Arsenverbindungen, Beryllium, Cadmium und Cadmiumverbindungen, Chrom-VI-Verbindungen und Nickelverbindungen sind krebserzeugende Gefahrstoffe der Kategorie 1A bzw. 1B im Sinne der GefStoffV). Der Arbeitgeber darf die Tätigkeit durch die betroffenen Beschäftigten

---

<sup>39</sup> <http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Berufskrankheiten/Rechtsgrundlagen/Anlage-BKV.html>.

nur ausüben lassen, wenn sie zuvor an der Pflichtvorsorge teilgenommen haben (§ 4 Absatz 2 ArbMedVV).

(4) Arbeitsmedizinische Vorsorge ist den betroffenen Beschäftigten nach § 5 Absatz 1 in Verbindung mit Anhang Teil 1 Absatz 2 Nummer 1 ArbMedVV durch den Arbeitgeber vor Aufnahme der Tätigkeit und danach in regelmäßigen Abständen (vgl. AMR 2.1) anzubieten (Angebotsvorsorge), wenn er keine Pflichtvorsorge zu veranlassen hat und eine Exposition gegenüber Arsenverbindungen, Beryllium, Cadmium und Cadmiumverbindungen, Chrom(VI)-Verbindungen oder Nickelverbindungen nicht ausgeschlossen werden kann. Arbeitsmedizinische Vorsorge ist den betroffenen Beschäftigten nach § 5 Buchstabe Absatz 1 in Verbindung mit Anhang Teil 1 Absatz 2 Nummer 2 d Doppelbuchstabe aa ArbMedVV durch den Arbeitgeber vor Aufnahme der Tätigkeit und danach in regelmäßigen Abständen (vgl. AMR 2.1) anzubieten (Angebotsvorsorge), wenn am Arbeitsplatz eine wiederholte Exposition gegenüber Cobalt nicht ausgeschlossen werden kann (Cobalt ist ein krebserzeugender Gefahrstoff der Kategorie 1B). Das Ausschlagen eines Angebots entbindet den Arbeitgeber nicht von der Verpflichtung, weiter regelmäßig Angebotsvorsorge anzubieten. Die AMR 5.1 zeigt einen Weg der Angebotsunterbreitung auf.

(5) Neben der Tätigkeit mit krebserzeugenden Metallen und ihren Verbindungen können sich in Abhängigkeit von der Gefährdungsbeurteilung weitere Anlässe für Pflicht- oder Angebotsvorsorge gemäß Anhang der ArbMedVV ergeben. Sofern die betroffenen Beschäftigten Atemschutzgeräte tragen müssen, soll die Pflicht- bzw. Angebotsvorsorge hierfür (Anhang Teil 4 Absatz 1 Nummer 1 bzw. Absatz 2 Nummer 2 ArbMedVV) mit jener wegen der Tätigkeit mit krebserzeugenden Metallen und ihren Verbindungen kombiniert werden. Die Benutzung von Atemschutzgeräten befreit nicht von den zuvor genannten Verpflichtungen zur arbeitsmedizinischen Vorsorge.

(6) Nach Beendigung der Tätigkeit mit Arsenverbindungen, Beryllium, Cadmium und Cadmiumverbindungen, Chrom(VI)-Verbindungen, Cobalt oder Nickelverbindungen hat der Arbeitgeber betroffenen Beschäftigten nach § 5 Absatz 3 Satz 1 in Verbindung mit Anhang Teil 1 Absatz 3 Nummer 1 ArbMedVV in regelmäßigen Abständen (vgl. AMR 2.1) nachgehende Vorsorge anzubieten. Das Angebot zur arbeitsmedizinischen Vorsorge dient dann der Früherkennung von Erkrankungen. Gesundheitsstörungen durch diese Metalle oder ihre Verbindungen sind insbesondere nach längeren Latenzzeiten zu erwarten. Das Ausschlagen eines Angebots entbindet den Arbeitgeber nicht von der Verpflichtung, weiter regelmäßig Angebotsvorsorge in Form nachgehender Vorsorge anzubieten. Die AMR 5.1 zeigt einen Weg der Angebotsunterbreitung auf. Sofern die Beschäftigten eingewilligt haben, überträgt der Arbeitgeber am Ende des Beschäftigungsverhältnisses die Verpflichtung zum Angebot der nachgehenden Vorsorge an den zuständigen gesetzlichen Unfallversicherungsträger und überlässt diesem die erforderlichen Unterlagen in Kopie (vgl. § 5 Absatz 3 Satz 2 ArbMedVV).

(7) Der Arzt hält nach § 6 Absatz 3 ArbMedVV das Ergebnis und die Befunde der arbeitsmedizinischen Vorsorge einschließlich einer ggf. durchgeführten Untersuchung schriftlich fest und berät den Beschäftigten darüber. Auf Wunsch des Beschäftigten stellt er diesem das Ergebnis der Vorsorge zur Verfügung. Der Arzt stellt dem Beschäftigten und dem Arbeitgeber eine Bescheinigung über die durchgeführte arbeitsmedizinische Vorsorge aus. Die Bescheinigung enthält Angaben über den Zeitpunkt und den Anlass des aktuellen Vorsorgetermins sowie die Angabe, wann aus ärztlicher Sicht weitere arbeitsmedizinische Vorsorge angezeigt ist (vgl. AMR 6.3). Diese Bescheinigung enthält weder Diagnosen oder andere Informationen über den Gesundheitszustand des Beschäftigten noch eine medizinische Beurteilung zur Eignung für bestimmte Tätigkeiten.

(8) Der Arbeitgeber hat über die durchgeführte, arbeitsmedizinische Vorsorge eine Vorsorgekartei zu führen mit Angaben darüber, wann und aus welchen Anlässen diese für jeden Beschäftigten stattgefunden hat (§ 3 Absatz 4 ArbMedVV).

(9) Der Arzt wertet die Erkenntnisse aus der arbeitsmedizinischen Vorsorge aus (§ 6 Absatz 4 ArbMedVV). Ergeben sich Anhaltspunkte dafür, dass die Maßnahmen des Arbeitsschutzes nicht ausreichend sind, so hat der Arzt dies dem Arbeitgeber mitzuteilen und ihm (ergänzende) Schutzmaßnahmen für exponierte Beschäftigte vorzuschlagen. Hält der Arzt aus medizinischen Gründen, die ausschließlich in der Person des Beschäftigten liegen, einen Tätigkeitswechsel für erforderlich, so bedarf die Mitteilung darüber an den Arbeitgeber der Einwilligung des Beschäftigten. Konkretisierungen enthält die AMR 6.4. Der Arbeitgeber hat als Folge eines solchen Vorschlags vonseiten des Arztes nach § 8 Absatz 1 ArbMedVV die Gefährdungsbeurteilung zu überprüfen und unverzüglich die erforderlichen Maßnahmen des Arbeitsschutzes zu treffen. Wird ein Tätigkeitswechsel vorgeschlagen, so hat der Arbeitgeber nach Maßgabe der dienst- und arbeitsrechtlichen Regelungen dem oder der Beschäftigten eine andere Tätigkeit zuzuweisen. Dem Betriebs- oder Personalrat und der zuständigen Behörde sind die getroffenen Maßnahmen mitzuteilen (§ 8 Absatz 2 ArbMedVV).

**Tabelle 4:** Biomonitoring: arbeitsmedizinisch anerkannte Analyseverfahren und geeignete Werte zur Beurteilung hinsichtlich krebserzeugender Metalle

Metall	Haupt-Zielorgane	Matrix	Beurteilungswerte
Arsen	Blut, Niere, Hämatoopoetisches System	Urin <sup>b, c</sup>	BAR: 0,5/2/10 µg/l * BLW: 50 µg/l EKA-Korrelation
Gemäß Tabelle 2 in Anlage 1 der TRGS 910 auch: Arsenverbindungen, als Carc. 1A, Carc. 1B eingestuft; Parameter Σ Arsen(+III), Arsen(+V), Monomethylarsonsäure und Dimethylarsinsäure; Matrix Urin <sup>b, c</sup> ; Beurteilungswerte Äquivalenzwert zur Toleranzkonzentration 40 µg/l, Äquivalenzwert zur Akzeptanzkonzentration 14 µg/l;			
Beryllium	Lunge	Urin <sup>b, c</sup>	BAR: 0,05 µg/l EKA-Korrelation
Cadmium	Niere	Urin <sup>a</sup> Blut <sup>a</sup> Urin	BAR: 0,8 µg/l BAR: 1,0 µg/l EKA-Korrelation BLV: 2 µg/g Kreatinin
Chrom(VI)	Lunge, Nase	Urin <sup>b</sup> Blut <sup>c</sup> (Erythrocyt <sup>a</sup> )	BAR: 0,6 µg/l EKA-Korrelation
Cobalt	Lunge	Urin <sup>b, c</sup>	EKA-Korrelation
Nickel	Lunge, Nasenhöhlen	Urin <sup>c</sup>	BAR: 3 µg/l

Metall	Haupt-Zielorgane	Matrix	Beurteilungswerte
			EKA-Korrelation

**Erläuterungen:**

BAR Biologischer Arbeitsstoff Referenzwert  
 BLV Biological Limit Value  
 BLW Biologischer Leitwert  
 EKA Expositionsäquivalente für krebserzeugende Arbeitsstoffe  
 \* je nach Parameter

**Probenahmezeitpunkte:**

a keine Beschränkung;  
 b Expositionsende;  
 c nach mehreren vorangegangenen Schichten

**Literatur**

DIN EN 60335-2-69 „Sicherheit elektrischer Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke – Teil 2-69: Besondere Anforderungen für Staub- und Wasserauger für den gewerblichen Gebrauch“.

DGUV-Regel „Branche Galvanik“.

DGUV-Regel „Branche Metallhütten“.

DGUV-Regel 109-601 „Branche Erzeugung von Roheisen und Stahl“.

DGUV-Regel 109-002 (BGR 121) „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“.

DGUV-Regel 112-189ff „Benutzung von Schutzkleidung“.

DGUV-Regel 112-190 „Benutzung von Atemschutzgeräten“.

BG/BIA-Empfehlung „Manuelle Zerlegung von Bildschirm- und anderen Elektrogeräten“.

DGUV-Information 213-716 Empfehlung zur Gefährdungsermittlung (EGU) „Galvanotechnik und Eloxieren“ (IFA-Report 3/2013).

DGUV-Information 213-724 „Hartmetallarbeitsplätze, Empfehlungen Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (EGU) nach der Gefahrstoffverordnung“.

DGUV-Information 203-082 „Herstellung von Batterien – Handlungshilfe für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen und ihren Verbindungen“.

DGUV-Test „Grundsätze für die Prüfung und Zertifizierung von Erfassungseinrichtungen und Absaugsystemen für Dentallaboratorien“ GS-IFA-M 20, Ausgabe 12/2012.

BG ETEM Expositionsbeschreibung „Verarbeitung von Nichtelegmetall-Legierungen in Dentallaboratorien“, 2015.

„Leitfaden zur Auslegung von Abluftanlagen an Galvanikanlagen“ Lenkungsgruppe Umwelt (LGU) im Zentralverband Oberflächentechnik e. V. (ZVO), Postfach 10 10 63, 40710 Hilden.

MEGA-Auswertungen zur Erstellung von REACH-Expositionsszenarien für Beryllium und seine Verbindungen.

MEGA-Auswertungen zur Erstellung von Expositionsszenarien für Chrom(VI)-Verbindungen (2000 bis 2009) in Deutschland.

Arbeitsbedingte Expositionen gegenüber krebserzeugenden, erbgutverändernden oder fortpflanzungsgefährdenden Substanzen in Deutschland - Teil 1: Cadmium und seine Verbindungen. Gefahrstoffe -- Reinhalt. Luft 71 (2011) Nr. 1/2, S. 47-56.

AMR 2.1 „Fristen für die Veranlassung/das Angebot von arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen“.

AMR 5.1 „Anforderungen an das Angebot von arbeitsmedizinischer Vorsorge“.

AMR 6.2 „Biomonitoring“.

AMR 6.3 „Vorsorgebescheinigung“.

AMR 6.4 „Mitteilungen an den Arbeitgeber nach § 6 Absatz 4 ArbMedVV“.

AMR 11.1 „Abweichungen nach Anhang Teil 1 Absatz 4 ArbMedVV bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden oder keimzellmutagenen Gefahrstoffen der Kategorie 1A oder 1B“.

AMR 14.2 „Einteilung von Atemschutzgeräten in Gruppen“.

ASR A1.3 „Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung“.

ASR A3.6 „Lüftung“.

ASR A4.2 „Pausen-und Bereitschaftsräume“.

TRGS 400 „Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“.

TRGS 401 „Gefährdung durch Hautkontakt - Ermittlung, Beurteilung, Maßnahmen“.

TRGS 402 „Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition“.

TRGS 410 „Expositionsverzeichnis bei Gefährdung gegenüber krebserzeugenden oder keimzellmutagenen Gefahrstoffen der Kategorien 1A oder 1B“.

TRGS 460 „Handlungsempfehlung zur Ermittlung des Standes der Technik“.

TRGS 500 „Schutzmaßnahmen“.

TRGS 504 „Tätigkeiten mit Exposition gegenüber A- und E-Staub“.

TRGS 505 „Blei“.

TRGS 509 „Lagerung von Gefahrstoffen in ortsfesten Behältern“.

TRGS 510 „Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern“.

TRGS 528 „Schweißtechnische Arbeiten“.

TRGS 529 „Tätigkeiten bei der Herstellung von Biogas“.

TRGS 560 „Lufrückführung bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden, erbgutverändernden und fruchtbarkeitsgefährdenden Stäuben“.

TRGS 600 „Substitution“.

TRGS 602 „Ersatzstoffe und Verwendungsbeschränkungen - Zinkchromate und Strontiumchromat als Pigmente für Korrosionsschutz – Beschichtungsstoffe“.

TRGS 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“.

TRGS 905 „Verzeichnis krebserzeugender, keimzellmutagener oder reproduktionstoxischer Stoffe“.

TRGS 910 „Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen“.

IFA-Handbuch, Kennzahl 510210/1 „Maschinen zur Beseitigung gesundheitsgefährlicher Stäube - Positivliste“.

IFA-Arbeitsmappe, Kennzahl 0537 „Anwendung der Luftgrenzwerte bei Herstellung, Be- und Verarbeitung von metallischem Nickel und Nickellegierungen“.

S3-Leitlinie „Gesundheitsüberwachung bei Beryllium-Exposition und diagnostisches Vorgehen bei Beryllium assoziierter Erkrankung“.

LUBW Handlungsanleitung zur guten Arbeitspraxis „Kunststoffverwertung – Tätigkeiten mit Gefahrstoffen und biologischen Arbeitsstoffen bei der werkstofflichen Verwertung von Kunststoffen“.

Regierungspräsidium Kassel Handlungsanleitung zur guten Arbeitspraxis „Elektronikschrottreycling – Tätigkeiten mit Gefahrstoffen bei der manuellen Zerlegung von Bildschirm- und anderen Elektrogeräten“.