

Arbeitshilfe



## Gefahrstoffe in der Galvanotechnik und der Oberflächenveredelung

# Vorwort

In vielen Branchen finden Verfahren der galvanotechnischen Oberflächenbehandlung und -veredelung Anwendung. Dabei werden unterschiedliche Gefahrstoffe verwendet, von denen gesundheitsgefährdende Wirkungen ausgehen. Nach wie vor bereiten die Gefährdungsermittlung und -beurteilung nach Arbeitsschutzgesetz und Gefahrstoffverordnung in einigen Unternehmen Schwierigkeiten. Insbesondere wird von den Betrieben Hilfestellung benötigt bei der Informationsermittlung, bei der Beurteilung der Gefährdung, bei der Festlegung der Schutzmaßnahmen und bei der Erstellung von Betriebsanweisungen.

Für Betriebe, die Anlagen für elektrolytische und chemische Oberflächenbehandlung betreiben, hat die Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse deshalb diese Handlungshilfe erarbeitet, die eine Unterstützung bei der Gefährdungsbeurteilung bietet.

Diese Handlungshilfe gilt nicht für Verfahren bei der Leiterplattenherstellung, für das Lackieren sowie für den Betrieb von Bandbeschichtungsanlagen. Ausgenommen sind ferner Reinigungsverfahren außerhalb der Vorbehandlung und die Wartung im Allgemeinen.

Margret Böckler, BG ETEM

Peter Michels, BG ETEM

Herbert Breidenbach, Zentralverband Oberflächentechnik e.V. (ZVO e.V.)

Überarbeitung 2022 durch Dr. Stefanie Labs, Dr. Monica Meyn,  
Sebastian Seegert, Claudio Wendt, BG ETEM

# Inhalt

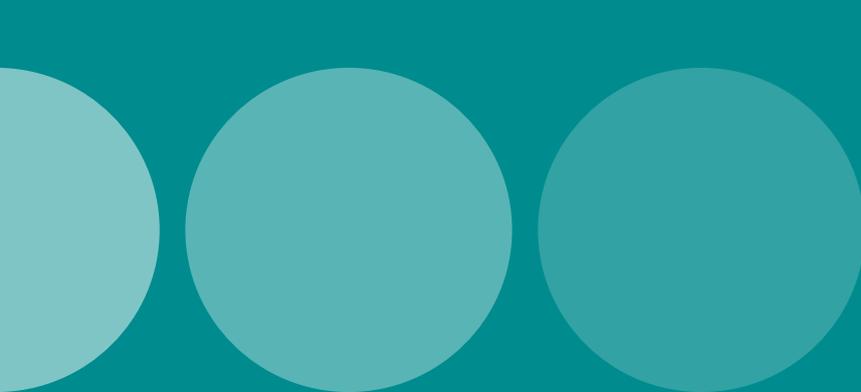
<b>Vorwort</b>		<b>Anhang</b>	<b>38</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>1</b>	<b>Anhang 1.1:</b> Gefahrstoffverzeichnis – Verfahren/Elektrolyte	<b>39</b>
<b>Verfahren der Galvanotechnik/Anlagentechnik</b>	<b>2</b>	<b>Anhang 1.2:</b> Gefahrstoffverzeichnis – Gefahrstofflager	<b>49</b>
<b>1 Verfahren der Galvanotechnik/Anlagentechnik</b>	<b>3</b>	<b>Anhang 2:</b> Gefährdungsbeurteilung Hartverchromen	<b>55</b>
1.1 Vorbehandlungsverfahren	3	<b>Anhang 3:</b> Muster-Explosionsschutz-Dokument	<b>64</b>
1.2 Beschichtungsverfahren	4	<b>Anhang 4:</b> Beispiele Prozessbehälter – Kennzeichnungen für Elektrolyte	<b>68</b>
1.3 Eloxieren	7	<b>Anhang 5:</b> Beispiel-Betriebsanweisungen	<b>70</b>
1.4 Anlagentechniken	7	<b>Anhang 6:</b> Beispiel-Verzeichnis der Beschäftigten für Tätigkeiten mit KM-Stoffen der Kategorie 1A oder 1B in der Galvanotechnik	<b>71</b>
<b>2 Relevante Gefahrstoffe</b>	<b>8</b>	<b>Anhang 7:</b> Weiterführende Literatur	<b>72</b>
<b>3 Beurteilungsmaßstäbe für die relevanten Gefahrstoffe</b>	<b>20</b>		
<b>4 Informationsermittlung</b>	<b>21</b>		
<b>5 Gefahrstoffverzeichnis</b>	<b>23</b>		
5.1 Beispiel-Gefahrstoffverzeichnisse	24		
5.2 Betriebsspezifische Ergänzungen für die Gefahrstoffverzeichnisse	25		
<b>6 Gefährdungsbeurteilung</b>	<b>25</b>		
<b>7 Schutzmaßnahmen</b>	<b>26</b>		
7.1 Stand der Technik	27		
7.2 Substitution	28		
7.3 Technische Schutzmaßnahmen	30		
7.4 Organisatorische Schutzmaßnahmen	32		
7.4.1 Kennzeichnung von Prozessbehältern	32		
7.4.2 Beschäftigungsverbote und -beschränkungen	32		
7.4.3 Erste Hilfe	33		
7.5 Persönliche Schutzausrüstung und Hygiene	34		
7.6 Betriebsanweisungen/Unterweisungen	35		
7.7 Weitere Maßnahmen	36		
7.7.1 Arbeitsmedizinische Vorsorge	36		
7.7.2 Expositionsverzeichnis	37		

## Bildnachweis:

BG ETEM und **Seite 29 Mitte l.:** Kunststofftechnik Bernt GmbH;  
**Seite 29 u.r.:** ABB AG; **Seite 30 Mitte r.:** Barth Galvanik GmbH;  
**Seite 31 o.r., Mitte u.l., Seite 35:** Phoenix Feinbau GmbH & Co. KG;  
**Seite 31 Mitte l.o.:** IFO Institut für Oberflächentechnik GmbH/  
Mantel

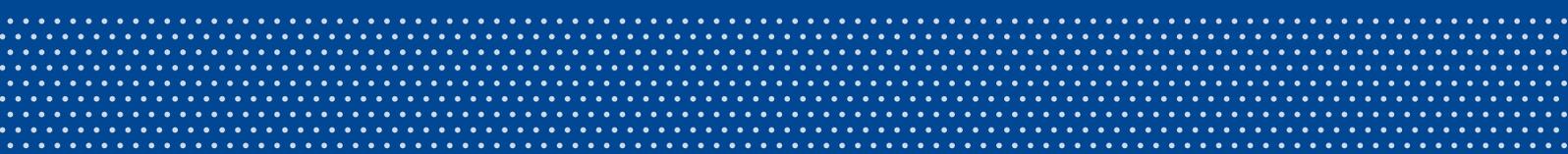
## Abkürzungsverzeichnis

<b>(A)</b>	Der Stoff wird in der alveolengängigen Fraktion gemessen.	<b>GefStoffV</b>	Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung)
<b>AGS</b>	Ausschuss für Gefahrstoffe beim Bundesministerium für Arbeit und Soziales	<b>GHS</b>	Global Harmonisiertes System zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien
<b>AGW</b>	Arbeitsplatzgrenzwert	<b>H</b>	hautresorptiv
<b>Allergen</b>	Ein Stoff, der Allergien auslösen kann	<b>H-Satz</b>	Gefahrenhinweis (hazard statement)
<b>BAT</b>	biologischer Arbeitsplatztoleranzwert (Ableitung und Veröffentlichung durch ständige Senatskommission der DFG)	<b>IFA</b>	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung
<b>BGW</b>	biologischer Grenzwert	<b>MAK</b>	maximale Arbeitsplatzkonzentration (Ableitung und Veröffentlichung durch ständige Senatskommission der DFG)
<b>CAS-Nr.</b>	Registrier-Nr. des „Chemical Abstract Service“	<b>P-Satz</b>	Sicherheitshinweis (precautionary statement)
<b>ChemG</b>	Chemikaliengesetz	<b>REACH</b>	Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH-Verordnung)
<b>CLP</b>	Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen (CLP-Verordnung) (Regulation on Classification, Labelling and Packaging of Substances and Mixtures)	<b>STOT</b>	spezifische Zielorgantoxizität (specific target organ toxicity), spezifische nichttödliche Wirkungen auf die menschliche Gesundheit nach einmaliger oder wiederholter Exposition. Dazu gehören alle eindeutigen Auswirkungen auf die Gesundheit, die die Körperfunktionen beeinträchtigen können, unabhängig davon, ob diese reversibel oder irreversibel sind, unmittelbar und/oder verzögert auftreten, sofern diese Wirkungen nicht ausdrücklich von anderen Gefahrenklassen erfasst werden.
<b>DGUV Regelwerk:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– DGUV Vorschriften</li><li>– DGUV Regeln</li><li>– DGUV Informationen</li><li>– DGUV Grundsätze</li></ul>	<b>TRGS</b>	Technische Regeln für Gefahrstoffe
<b>(E)</b>	Der Stoff wird in der einatembaren Fraktion gemessen.	<b>WGK</b>	Wassergefährdungsklasse
<b>ECHA</b>	Europäische Chemikalienagentur (European Chemicals Agency)	<b>Y</b>	Ein Risiko der Fruchtschädigung braucht bei Einhaltung des AGW und BGW nicht befürchtet zu werden.
<b>EG-Nr.</b>	Registriernummer des „European Inventory of Existing Chemical Substances“ (EINECS)	<b>Z</b>	Ein Risiko der Fruchtschädigung kann auch bei Einhaltung des AGW und des BGW nicht ausgeschlossen werden.
<b>EGU</b>	Empfehlungen Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger		
<b>EU</b>	Europäische Union		
<b>Exposition</b>	Ausgesetztsein von Beschäftigten gegenüber gefährlichen Stoffen in der Atemluft oder auf der Haut unter Berücksichtigung der Konzentration und der Zeit		



# 1

## Verfahren der Galvanotechnik/ Anlagentechnik

- 1 Verfahren der Galvanotechnik/  
Anlagentechnik
  - 2 Relevante Gefahrstoffe
  - 3 Beurteilungsmaßstäbe für die  
relevanten Gefahrstoffe
  - 4 Informationsermittlung
  - 5 Gefahrstoffverzeichnis
  - 6 Gefährdungsbeurteilung
  - 7 Schutzmaßnahmen
- 

# 1 Verfahren der Galvanotechnik/ Anlagentechnik

## 1.1 Vorbehandlungsverfahren

Bevor Werkstücke beschichtet bzw. veredelt werden, müssen diese, abgestimmt auf den Grundwerkstoff und die Art der Beschichtung, vorbehandelt werden.

In mehreren Arbeitsschritten werden u. a. Fette, Öle, Schmutz, Polierpastenreste, Rost oder Zunder entfernt.

Die wichtigsten Vorbehandlungsverfahren werden im Folgenden dargestellt.

### Polieren, Glänzen, chemisches Entgraten

Das nicht mechanische Polieren oder Glänzen erfolgt chemisch oder elektrochemisch. Beim elektrochemischen Glänzen (Elektropolieren) werden Unebenheiten von Metalloberflächen durch anodische Behandlung in starken Säuren und bei Aluminium durch Natronlauge entfernt (Mikroebenebnung). Es kommen Stromdichten bis 100 A/dm<sup>2</sup> zur Anwendung.

Das außenstromlose chemische Glänzen mit ähnlichem Effekt wird hauptsächlich mit speziellen Glanzlösungen bei Aluminium, Stahl, Kupfer und Kupferlegierungen verwendet, die z. B. als Reflektoren für Scheinwerfer, Nadeln oder Infrarotstrahler eingesetzt werden. Beim chemischen und elektrochemischen Glänzen kommen Salpetersäure, Schwefelsäure, Salzsäure, Flusssäure, Chromsäure, Phosphorsäure oder Essigsäure in unterschiedlichen Gemischen und Konzentrationen zum Einsatz.

Auf Grund des geringen Wirkungsgrades der elektrochemischen Verfahren ist eine gewisse Aerosolbildung nicht zu vermeiden.

### Alkalische Entfettung

Beim Entfetten oder Reinigen werden Oberflächen von Fetten, Ölen, Wachsen und anderen Schmutzschichten befreit. Das alkalische Reinigen geschieht u. a. mit Natronlauge (bis 50 g/l Natriumhydroxid), ggf. bei Temperaturen bis 80 °C (Abkochentfettung) unter Anwendung

von Ultraschall oder besonderen Waschverfahren (z. B. Druckflutung).

### Elektrolytische Entfettung

Dieses Verfahren wird angewendet, wenn hohe Ansprüche an die Reinheit der Oberfläche gestellt werden. Die Werkstücke werden als Anode oder als Kathode geschaltet (Stromdichten 5 bis 15 A/dm<sup>2</sup>), wobei eine heftige Gasentwicklung (Sauerstoff bzw. Wasserstoff) stattfindet. Die Gasentwicklung unterstützt die Reinigungswirkung, andererseits wird dadurch eine Aerosolbildung verursacht.

Die Elektrolyte können cyanidisch (bis 30 g/l Natriumcyanid) oder rein alkalisch (bis 100 g/l Natriumhydroxid) sein. Der Einsatz von Netzmitteln trägt zur Emissionsminderung bei. Die hierdurch entstehende Schaumabdeckung (Wasserstoff- und Sauerstoffbläschen) kann zur Explosion führen, wenn ein Zündfunke (Abreißfunke) entsteht. In der Praxis werden zur Verhinderung von starker Schaumbildung und Rückständen an den Werkstücken sogenannte Entschäumer eingesetzt.

### Dekapieren

Als Dekapieren bezeichnet man das kurzzeitige Beizen zum Aktivieren von Metalloberflächen. Es wird meist als Zwischenstufe nach dem Entfetten und vor einer galvanischen Behandlung durchgeführt. Die Dekapierung soll alkalische Rückstände und vor allem Passivfilme entfernen.

Beim Dekapieren und Beizen werden anorganische Säuren, wie

- Salzsäure
- Schwefelsäure
- Salpetersäure
- Phosphorsäure
- Flusssäure
- Chromsäure

und Gemische dieser Säuren in unterschiedlichen Konzentrationen eingesetzt.

Vor dem Einbringen von Werkstücken in einen cyanidischen Elektrolyten wird ggf. in einer alkalisch/cyanidischen Lösung dekapiert (freie Cyanide bis 30 g/l).

### **Beizen**

Beizen ist das Entfernen von Oxiden und anderen Metallverbindungen von der Werkstoffoberfläche. Es kann chemisch oder elektrolytisch

erfolgen. Werden Kupferwerkstoffe mit Salpetersäure gebeizt, wird dies als Brennen bezeichnet.

Zum Beizen werden Salzsäure (ca. 20 %ig), Schwefelsäure (15 bis 50 %ig) und Phosphorsäure (ca. 20 %ig) eingesetzt. Für Aluminium wird Natronlauge verwendet.

Wasserstoffentwicklung, Badtemperatur und Badbewegung verursachen eine unterschiedlich starke Aerosolbildung.

## 1.2 Beschichtungsverfahren

Bei den Beschichtungsverfahren wird unterschieden zwischen galvanischen Verfahren (Galvanisieren) und chemischen Verfahren (außenstromlose Metallabscheidung).

### **Galvanische Verfahren (Galvanisieren)**

Dies ist die elektrolytische Metallabscheidung auf Metallen bzw. leitend gemachten Nichtleitern (z. B. Kunststoffen) durch Anlegen einer Fremdspannung.

Galvanisiert wird mit Gleichstrom niedriger Spannung, wobei das zu beschichtende Werkstück als Kathode geschaltet wird. An der Kathode wird das Metall abgeschieden. Das abzuscheidende Metall wird entweder durch Lösen einer Anode oder durch Einbringen von Metallsalzen in den Elektrolyten ergänzt.

### **Chemische Verfahren**

#### **(außenstromlose Metallabscheidung)**

Hierbei werden die Überzüge aus einer Metallsalzlösung ohne Anlegen einer Fremdspannung abgeschieden. Die Abscheidung geschieht durch Ladungsaustausch. Der unedlere Werkstoff geht in Lösung bzw. ein Reduktionsmittel wird verbraucht, während sich der edlere Werkstoff aus der Salzlösung auf dem Werkstück abscheidet.

Das Glanz- und Hartverchromen erfolgt ausschließlich galvanisch, das Vernickeln je nach Anforderung an die Beschichtung sowohl chemisch als auch galvanisch.

### **Glanzverchromen/Schwarzverchromen**

Hierbei werden überwiegend dünne Schichten < 1 µm abgeschieden. In der Regel werden vorher Zwischenschichten aus Kupfer und Nickel aufgebracht.

Für die Glanzverchromung verwendet man vorzugsweise Elektrolyte mit einer Konzentration von 320 bis 380 g/l Chromtrioxid. Die Stromdichten liegen zwischen 10 und 15 A/dm<sup>2</sup>. Der Wirkungsgrad beträgt 20 bis 30 %, die Elektrolyttemperatur beträgt ca. 40 °C. Die Wasserstoffentwicklung und damit der Austrag von Chromsäureaerosolen in die Luft am Arbeitsplatz ist verfahrensbedingt nicht so ausgeprägt wie beim Hartverchromen.

Aufgrund der Wasserstoffentwicklung kann es zu Explosionen kommen, wenn ein Zündfunke (Abreißfunke) entsteht. Die Wasserstoffentwicklung ist u. a. von den Soll-Behandlungsparametern abhängig. Somit ist die Badpflege von besonderer Bedeutung.

### **Hartverchromen**

Dies ist die direkte Abscheidung von dickeren Chromschichten ohne Zwischenschicht. Die Werkstücke müssen sorgfältig vorbehandelt werden. Gegenüber dem Glanzverchromen benötigt man einen höheren Fremdsäuregehalt (um 1%), einen niedrigeren Chromsäuregehalt (240 bis 280 g/l Chromtrioxid) und höhere Stromdichten (40 bis 50 A/dm<sup>2</sup>). Die Elektrolyttemperatur liegt zwischen 55 und 80 °C. Der Wirkungsgrad beträgt maximal 30 %. Hiermit

verbunden ist eine hohe Wasserstoffentwicklung, folglich ein größerer Austrag von Chromsäureaerosolen in die Luft am Arbeitsplatz.

Aufgrund der Wasserstoffentwicklung kann es zu Explosionen kommen, wenn ein Zündfunke (Abreißfunke) entsteht. Die Wasserstoffentwicklung ist u. a. von den Soll-Behandlungsparametern abhängig. Auch hier ist die Badpflege von besonderer Bedeutung.

### **Chromatieren/Passivieren**

Chromatieren und Passivieren sind häufig nach dem Verzinken eingesetzte Nachbehandlungsverfahren, bei denen auf der Zinkoberfläche stromlos eine Passivierungsschicht erzeugt wird. Eine Passivierungsschicht kann die Korrosion des Zinks (Weißrost) sehr lange hinauszögern. Sie dient somit als Korrosions- und Anlaufschutz und verbessert die Lackhaftung bei nachträglicher Lackierung.

Durch das Chromatieren werden u. a. transparente, glänzende, gelbe, olivfarbene, blaue oder schwarze Deckschichten erzeugt. Die meist schwefelsauren Chromatierlösungen enthalten 1 bis 30 g/l Chromtrioxid. Die Badtemperatur beträgt ca. 20 °C, eine Aerosolbildung findet nicht statt. Beim Chromatieren mit Salpetersäure können allerdings relevante Stickoxidkonzentrationen (NO, NO<sub>2</sub>) in der Luft am Arbeitsplatz entstehen.

Beim Blaupassivieren werden dreiwertige Chromverbindungen (Chromsulfat), ggf. unter Zusatz von Cobaltsulfat, eingesetzt. Eine relevante Aerosolbildung findet nicht statt.

In den letzten Jahren wurden auch Chrom(VI)-freie Passivierungen entwickelt, welche aber z. T. nicht die gleiche Korrosionsbeständigkeit erreichen, wie die Chrom(VI)-haltigen Passivierungen.

Das relativ neue Verfahren der Dickschichtpassivierung von Zinkschichten verbindet die Vorteile der Abwesenheit von Chrom(VI)-Verbindungen und einer guten bis sehr guten Korrosionsbeständigkeit.

### **Vernickeln**

Diese Beschichtung erfolgt galvanisch, ausschließlich aus sauren, meist schwefelsauren Elektrolyten.

Die Elektrolyttemperatur beträgt in der Regel 55 bis 65 °C. Die Stromausbeute beträgt ca. 95 %. Damit bleiben Wasserstoffentwicklung und Aerosolbildung verfahrensbedingt gering. Der Nickelaerosolgehalt in der Luft am Arbeitsplatz kann allerdings durch Elektrolytbewegungen bzw. die Einblasung von Luft beeinflusst werden.

### **Vernickeln – chemisch**

Hierbei arbeitet man außenstromlos in der Regel mit Natriumhypophosphit als Reduktionsmittel. Die Elektrolyttemperatur beträgt ca. 85–95 °C. Im Gegensatz zum galvanischen Vernickeln kommt es zu Wasserstoffentwicklung und Aerosolbildung.

### **Verkupfern – cyanidisch**

Das cyanidische Verkupfern erfolgt aus einem alkalischen, kupfercyanidhaltigen Elektrolyten (bis 40 g/l freie Cyanide). Als Alkalien werden Kaliumhydroxid oder Natriumhydroxid eingesetzt (bis 20 g/l). Die Elektrolyttemperatur beträgt ca. 35 bis 65 °C. Die Aerosolbildung ist verfahrensbedingt gering, allerdings muss bei Betriebsstörungen, z. B. abgeschalteter Absaugung, CO<sub>2</sub>-Eintrag aus der Luft bei längeren Stillstandzeiten, Einschleppen von Säuren, mit der Bildung von kritischen Cyanwasserstoffkonzentrationen gerechnet werden.

### **Verkupfern – sauer**

Saure Kupferelektrolyte enthalten zumeist Schwefelsäure und Leitsalze auf Sulfatbasis. Einige saure Elektrolyte enthalten Fluorborat oder Methansulfonat. Die Kupferkonzentration liegt zwischen 40 und 65 g/l sowie die Schwefelsäurekonzentration zwischen 55 und 65 g/l. Die Elektrolyttemperatur liegt bei ca. 20 bis 35 °C. Eine Aerosolbildung findet nicht statt, außer beim Betrieb von luftbewegten Elektrolyten. Erfahrungsgemäß ist dabei eine Exposition vernachlässigbar gering.

### **Verzinken – cyanidisch**

Beim cyanidischen Verzinken wird Zink galvanisch aus einem Elektrolyten, hergestellt aus Zinkoxid (8 bis 13 g/l), Kaliumcyanid (65 g/l) und Natriumhydroxid (70 bis 75 g/l), abgeschieden. Die Elektrolyttemperatur beträgt ca. 20 °C. Die Aerosolbildung ist verfahrensbedingt gering. Die Stromausbeute ist aber anders als beim sauer Verzinken kleiner als 100 %. Sie variiert mit der Temperatur, dem Cyanidgehalt und der Stromdichte. Mit steigender Stromdichte verrin-

gert sich die Stromausbeute. Beispielsweise beträgt diese bei einer Stromdichte von 6 A/dm<sup>2</sup> nur noch 50 %. Die Abnahme der Stromausbeute ist durch eine erhöhte Wasserstoffabscheidung bedingt, die eine gesteigerte Aerosolbildung bewirkt.

### **Verzinken – alkalisch**

Die alkalischen, cyanidfreien Verfahren gewinnen immer mehr an Bedeutung. Diese basieren auf der Bildung des Zinkhydroxokomplexes und können praktisch ohne weitere Zugabe von Komplexbildnern bei Raumtemperatur betrieben werden. Der Wirkungsgrad dieser Verfahren liegt deutlich unter 100 % (teilweise < 60 %) und es muss mit der Bildung von Aerosolen gerechnet werden.

In größerem Umfang werden auch so genannte Legierungsverfahren eingesetzt. In diesen Lösungen liegt das Zink ebenfalls als Hydroxokomplex vor. Für die mit abzuschheidenden Metalle werden spezielle organische Komplexbildner den Elektrolyten zugegeben.

Aufgrund der Wasserstoffentwicklung kann es zu Explosionen kommen, wenn ein Zündfunke (Abreißfunke) entsteht.

### **Verzinken – sauer**

Klassische saure Zinkelektrolyte beinhalten üblicherweise Sulfat- und Chloridsalze. Stark saure Elektrolyte (pH < 3) werden vor allem für einfache Geometrien (Draht, Rohr, Band) eingesetzt. Schwach saure Elektrolyte (pH > 3) enthalten zur Verbesserung von Streuung und Leitfähigkeit häufig Borsäure oder Ammoniumsalze. Die Stromausbeute liegt bei 98 bis 100 %, eine Gasentwicklung ist nicht zu erkennen. Die Zinkkonzentrationen liegen in stark sauren Elektrolyten bei 140 bis 190 g/l, in schwach sauren dagegen bei 15 bis 45 g/l. Die Elektrolyttemperatur beträgt ca. 30 bis 35 °C. Eine Aerosolbildung findet nicht statt, außer beim Betrieb von luftbewegten Elektrolyten.

### **Veredeln mit Gold und Silber**

Die elektrochemische Abscheidung von Goldüberzügen kann aus cyanidischen und seltener sulfidischen Systemen erfolgen. Bei der cyanidischen Abscheidung wird als Goldelektrolyt ein Gold-Cyanid-Komplex eingesetzt, bei der sulfidischen ein Gold-Sulfit-Komplex. Die Elektrolyte können sauer und alkalisch sein. Bei der Ab-

scheidung aus alkalischen Lösungen liegen die Temperaturen zwischen 45 und 70 °C, bei den schwach sauren bis stark sauren Elektrolyten um 35 bis 40 °C.

Die Abscheidung von Silberüberzügen erfolgt in der Hauptsache aus cyanidhaltigen, alkalischen Elektrolyten bei Raumtemperatur.

Beim elektrochemischen Vergolden und Versilbern ist mit dem Entweichen cyanidhaltiger bzw. cyanwasserstoffhaltiger Emissionen zu rechnen.

### **Verzinnen – sauer und alkalisch**

Für das elektrochemische Verzinnen gibt es generell zwei Arten von Elektrolyten. Saure Elektrolyte mit zweiwertigen Zinnverbindungen (Methansulfonate, Sulfate oder Fluorborate) und alkalische Elektrolyte mit vierwertigen Zinnverbindungen (Natrium- und Kaliumstannate). Die sauren Elektrolyte werden bei 20 bis 40 °C mit Stromausbeuten um 100 % betrieben, alkalische Elektrolyte bei 75 bis 85 °C mit Stromausbeuten von 75 bis 95 %.

Auf chemischem Wege (ohne Strom) lassen sich nur sehr dünne Zinnüberzüge herstellen, die auch wenig beständig gegen aggressive Medien sind. Hierzu werden Zinnchlorid in Weinstein (Kaliumhydrogentartrat) bei höheren Temperaturen (Sudverzinnen) eingesetzt.

### **Phosphatieren**

Das Phosphatieren ist eine chemische Oberflächenbehandlung (ohne Strom), bei der unlösliche bzw. schwer lösliche Metallphosphatschichten gebildet werden. Phosphatieren dient als Korrosionsschutz, Haftgrund für Lacküberzüge und Kunststofffilme, Erleichterung einer nachträglichen spanlosen Verformung, Verbesserung der Gleiteigenschaften und elektrische Isolierung.

Einige Phosphatierlösungen enthalten Zinkphosphate, freie Phosphorsäure und Beschleuniger in Form von Nitriten, Nitraten, Chloraten oder Boraten. Die Arbeitstemperaturen liegen um 20 bis 50 °C.

## 1.3 Eloxieren

Als Eloxieren wird die anodische Oxidation von Aluminium bezeichnet. Je nach Verfahren erhält man mehr oder weniger dicke, verschleißfeste Oxidschichten.

Beim Eloxieren wird zwischen dem Schwefelsäure- und dem Oxalsäureverfahren unterschieden. Beide Verfahren können entweder mit Gleichstrom oder seltener mit Wechselstrom betrieben werden. Aufgrund des geringen Wirkungsgrades (teilweise < 20%) ist mit einer relevanten Gasbildung zu rechnen.

### **Schwefelsäureverfahren (Gleichstrom)**

Die Elektrolyte enthalten 170 bis 230 g/l Schwefelsäure. Die Elektrolyttemperatur beträgt 4 bis

22 °C. Es kommen Stromdichten von 0,5 bis 2,5 A/dm<sup>2</sup> zur Anwendung. An der Kathode werden erhebliche Mengen Wasserstoff freigesetzt, es findet eine Schwefelsäure-Aerosolbildung über die gesamte Elektrolytoberfläche statt.

### **Oxalsäureverfahren (Gleichstrom)**

Die Elektrolyte enthalten bis 80 g/l Oxalsäure. Die Elektrolyttemperatur beträgt 20 bis 60 °C. Es kommen Stromdichten von 1 bis 2 A/dm<sup>2</sup> zur Anwendung. An der Kathode werden erhebliche Mengen Wasserstoff freigesetzt, es findet eine Schwefelsäure-Aerosolbildung über die gesamte Elektrolytoberfläche statt.

## 1.4 Anlagentechniken

Folgende Anlagentechniken werden unterschieden:

### **Manuell bediente Anlagen**

Die Werkstücke werden von Hand in den Elektrolyten eingehängt. Kleine Werkstücke werden an speziellen Gestellen hängend eingetaucht.

### **Bedienung mit Hebezeug, Kran oder handbetätigtem Beschickungsgerät**

Die Bedienperson führt das Werkstück mit dem Beschickungsgerät oder dem Kran zum Prozessbehälter.

### **Automatische Anlage**

Die Prozessbehälterbeschickung wird automatisch gesteuert, d. h. programmiert. Die Bedienpersonen arbeiten nicht mehr direkt am Prozessbehälter. Die Werkstücke werden außerhalb der Anlage auf spezielle Warenträger (Gestelle) aufgesteckt. Das Gestell wird vom Beschickungsgerät der Anlage aufgenommen und programmgesteuert von Prozessbehälter zu Prozessbehälter geführt.

Das Eintauchen der Werkstücke kann einzeln erfolgen (große Teile, z. B. Walzen, Wellen mit dem Kran); bei Massenartikeln und je nach Oberflächenbehandlung kann dies auch mit Gestellen (z. B. automatische Gestellanlage) oder mit Einhängetrommeln (z. B. Trommelanlage) geschehen.

Damit die geforderten Oberflächenqualitäten erreicht werden, kann es notwendig sein, dass die im Elektrolyten eingehängten Werkstücke bewegt werden müssen. Dies erfolgt durch Werkstückbewegungsvorrichtungen an der Kathodenschiene oder bei großflächigen Teilen (Blechen oder Zylindern) durch Bewegungen der Anode. Man spricht dann von der so genannten Wanderanode. Um mit höheren Stromdichten arbeiten zu können, kann auch eine Elektrolytbewegung angewandt werden. Dies erfolgt durch Umpumpen oder durch das Einblasen gereinigter Druckluft.

## 2 Relevante Gefahrstoffe

Im Folgenden werden für die relevanten Gefahrstoffe in der Galvanotechnik Form, Farbe, Geruch, die Einstufung, das Signalwort, die chemische Charakterisierung und die Hauptwirkungsweisen beschrieben.

### Chromtrioxid, Chrom(VI)-oxid

**Form:** Kristallnadeln, Schuppen

**Farbe:** Dunkelrot

**Geruch:** Geruchlos

#### Einstufung:

- H271: Oxidierende Feststoffe, Kategorie 1
- H301: Akute Toxizität, Kategorie 3, Verschlucken
- H310: Akute Toxizität, Kategorie 2, Hautkontakt
- H314: Ätzwirkung auf die Haut, Kategorie 1A
- H317: Sensibilisierung der Haut, Kategorie 1
- H318: Schwere Augenschädigung, Kategorie 1
- H330: Akute Toxizität, Kategorie 2, Einatmen
- H334: Sensibilisierung der Atemwege, Kategorie 1
- H335: Spezifische Zielorgan-Toxizität (einmalige Exposition), Kategorie 3
- H340: Keimzellmutagenität, Kategorie 1B
- H350: Karzinogenität, Kategorie 1A
- H361f: Reproduktionstoxizität, Kategorie 2
- H372: Spezifische Zielorgan-Toxizität (wiederholte Exposition), Kategorie 1
- H400: Gewässergefährdend, Akut Kategorie 1
- H410: Gewässergefährdend, Chronisch Kategorie 1



**Signalwort:** Gefahr

#### Spezifische Konzentrationsgrenzen für Gemische:

Für die Einstufung von Gemischen sind die allgemeinen Konzentrationsgrenzen aus Anhang 1 der Verordnung (EG) 1272/2008 heranzuziehen.

H335: Spezifische Zielorgan-Toxizität (einmalige Exposition), Kategorie 3, C  $\geq$  1%

#### Chemische Charakterisierung:

Wasserlösliche, an Luft zerfließende, ätzende Kristalle bzw. Schuppen, brandfördernd. Als außerordentlich starkes Oxidationsmittel kann es mit organischen Stoffen explosionsartig reagieren. Feuergefährlich bei Berührung mit brennbaren Stoffen.

#### Hauptwirkungsweisen:

- Akut: Ätzende Wirkung auf Schleimhäute und Haut, Gefahr schwerer Augen- und Lungenschädigung, sensibilisierende Wirkung (Haut/Atemwege), Schädigung der Nieren, des Blutes und der Leber.
- Chronisch: Lokale Schädigung von Haut und Schleimhäuten, insbesondere des Nasen-Rachen-Raumes, allergische Haut- und Atemwegserkrankungen, Lungenkrebserkrankungen.

**Cobalt(II)-sulfat**

**Form:** Kristalle  
**Farbe:** Karminrot (Heptahydrat)  
**Geruch:** Geruchlos

**Einstufung:**

H302: Akute Toxizität, Kategorie 4, Verschlucken  
 H317: Sensibilisierung der Haut, Kategorie 1  
 H319: Augenreizung, Kategorie 2  
 H334: Sensibilisierung der Atemwege, Kategorie 1  
 H341: Keimzellmutagenität, Kategorie 2  
 H350i: Karzinogenität, Kategorie 1B  
 H360F: Reproduktionstoxizität, Kategorie 1B  
 H400: Gewässergefährdend, Akut Kategorie 1  
 H410: Gewässergefährdend, Chronisch Kategorie 1



**Signalwort:** Gefahr

**Spezifische Konzentrationsgrenzen für Gemische:**

Für die Einstufung von Gemischen sind die allgemeinen Konzentrationsgrenzen aus Anhang 1 der Verordnung (EG) 1272/2008 heranzuziehen.

H350i: Karzinogenität, Kategorie 1B;  $C \geq 0,01 \%$

**Chemische Charakterisierung:**

Die wasserfreie Substanz löst sich langsam in kochendem Wasser. Das Heptahydrat löst sich leicht in Wasser.

**Hauptwirkungsweisen:**

**Akut:** Reizwirkung auf Schleimhäute, sensibilisierende Wirkung auf Haut und Atemwege.  
**Chronisch:** Allergische oder irritativ bedingte Atemwegsreaktionen, Lungenschädigung (Fibrose), allergische Hauterkrankungen; im hohen Dosisbereich Herzschiädigung, Beeinflussung von Blutbildung und Schilddrüsenfunktion.

## Cyanide

**Form:** Feststoffe

**Geruch:** Charakteristisch, mandelartig

**Einstufung:**

H300: Akute Toxizität, Kategorie 2, Verschlucken \*

H310: Akute Toxizität, Kategorie 1, Hautkontakt

H330: Akute Toxizität, Kategorie 2, Einatmen \*

H400: Gewässergefährdend, Akut Kategorie 1

H410: Gewässergefährdend, Chronisch Kategorie 1

\* Mindesteinstufung



**Signalwort:** Gefahr

**Chemische Charakterisierung:**

Alkali- und Erdalkalicyanide sind farblose, wasserlösliche Schwermetallcyanide, meist wenig wasserlösliche Salze. Sehr giftig. An feuchter Luft langsame und mit Säuren schnelle Freisetzung von Cyanwasserstoff (Blausäure).

**Hauptwirkungsweisen (cyanidbezogen):**

Akut: Reizende Wirkung auf die Schleimhäute, nervale und Herz-Kreislauf-Störungen, Unterbrechung lebenswichtiger Stoffwechselfvorgänge, Tod.

Chronisch: Irritation und Schädigung von Schleimhäuten und Haut, Störung des Allgemeinbefindens, ggf. verstärkende Wirkung durch spezifische Effekte des kationischen Cyanid-Anteils.

## Fluorwasserstoff (Flusssäure)

**Form:** Wässrige Lösung

**Farbe:** Farblos

### Einstufung:

H300: Akute Toxizität, Kategorie 2, Verschlucken

H310: Akute Toxizität, Kategorie 1, Hautkontakt

H314: Ätzwirkung auf die Haut, Kategorie 1A

H330: Akute Toxizität, Kategorie 2, Einatmen



**Signalwort:** Gefahr

### Spezifische Konzentrationsgrenzen für Gemische:

Für die Einstufung von Gemischen sind die allgemeinen Konzentrationsgrenzen aus Anhang 1 der Verordnung (EG) 1272/2008 heranzuziehen.

H314: Ätzwirkung auf die Haut, Kategorie 1A,  $C \geq 7\%$

H314: Ätzwirkung auf die Haut, Kategorie 1B,  $1\% \leq C < 7\%$

H319: Augenreizung, Kategorie 2,  $0,1\% \leq C < 1\%$

### Chemische Charakterisierung:

Mit Wasser mischbar. Farblose, hygroskopische, in Konzentrationen über 70 % rauchende Flüssigkeit, reagiert zum Teil heftig mit verschiedenen Metallen unter Wasserstoffentwicklung. Wirkt korrodierend auf Stein und Keramikmaterial.

### Hauptwirkungsweisen:

Akut: Konzentrationsabhängig stark reizende/ätzende Wirkung auf Schleimhäute und Haut, Störungen von Stoffwechsel, Herz-Kreislauf- und Nervensystem.

Chronisch: Reizwirkung auf Schleimhäute und Haut, Schädigungen der Knochen (skelettale Fluorose).

## Natriumhydroxid (Natronlauge)

**Form:** Pellets, Stücke, (bzw. wässrige Lösung)

**Farbe:** Weiß (bzw. farblos)

**Geruch:** Geruchlos

### Einstufung:

H290: Korrosiv gegenüber Metallen, Kategorie 1

H314: Ätzwirkung auf die Haut, Kategorie 1A

H318: Schwere Augenschädigung, Kategorie 1



**Signalwort:** Gefahr

### Spezifische Konzentrationsgrenzen für Gemische:

Für die Einstufung von Gemischen sind die allgemeinen Konzentrationsgrenzen aus Anhang 1 der Verordnung (EG) 1272/2008 heranzuziehen.

H314: Ätzwirkung auf die Haut, Kategorie 1A,  $C \geq 5\%$

H314: Ätzwirkung auf die Haut, Kategorie 1B,  $2\% \leq C < 5\%$

H315: Reizwirkung auf die Haut, Kategorie 2,  $0,5\% \leq C < 2\%$

H319: Augenreizung, Kategorie 2,  $0,5\% \leq C < 2\%$

### Chemische Charakterisierung:

Nicht brennbarer Feststoff. Harte, in Wasser unter starker Erwärmung sehr leicht lösliche, stark ätzende Substanz. erfließt an Luft unter Aufnahme von Feuchtigkeit und Kohlenstoffdioxid. Bei Kontakt mit Säuren erfolgt heftige exotherme Reaktion. Die wässrige Lösung ist je nach Konzentration eine sirupartige bis dünnflüssige, farblose Flüssigkeit und nimmt aus der Luft Kohlenstoffdioxid, bei höheren Konzentrationen auch Feuchtigkeit auf. Die Lösung reagiert stark alkalisch und löst Wolle, Leder und Polyestergewebe.

### Hauptwirkungsweisen:

Akut: Starke Reiz- und Ätzwirkung auf alle kontaktierten Schleimhäute und die Haut, Gefahr irreversibler Augenschädigung (Erblindungsgefahr).

Chronisch: Reizwirkung auf Augen, Atemwege und Haut.

**Nickel(II)-chlorid**

**Form:** Kristalle oder Pulver  
**Farbe:** Gelborange (wasserfrei)  
 Grün (Hexahydrat)  
**Geruch:** Geruchlos

**Einstufung:**

H301: Akute Toxizität, Kategorie 3, Verschlucken  
 H315: Reizwirkung auf die Haut, Kategorie 2  
 H317: Sensibilisierung der Haut, Kategorie 1  
 H331: Akute Toxizität, Kategorie 3, Einatmen  
 H334: Sensibilisierung der Atemwege, Kategorie 1  
 H341: Keimzellmutagenität, Kategorie 2  
 H350i: Karzinogenität, Kategorie 1A  
 H360D: Reproduktionstoxizität, Kategorie 1B  
 H372: Spezifische Zielorgan-Toxizität (wiederholte Exposition), Kategorie 1  
 H400: Gewässergefährdend, Akut, Kategorie 1  
 H410: Gewässergefährdend, Chronisch, Kategorie 1



**Signalwort:** Gefahr

**Spezifische Konzentrationsgrenzen für Gemische:**

Für die Einstufung von Gemischen sind die allgemeinen Konzentrationsgrenzen aus Anhang 1 der Verordnung (EG) 1272/2008 heranzuziehen.

H315: Reizwirkung auf die Haut, Kategorie 2,  $C \geq 20\%$   
 H317: Sensibilisierung der Haut, Kategorie 1,  $C \geq 0,01\%$   
 H372: Spezifische Zielorgan-Toxizität (wiederholte Exposition), Kategorie 1,  $C \geq 1\%$   
 H373: Spezifische Zielorgan-Toxizität (wiederholte Exposition), Kategorie 2,  $0,1\% \leq C < 1\%$

**Chemische Charakterisierung:**

Leicht in Wasser lösliche, hygroskopische Kristalle.

**Hauptwirkungsweisen:**

**Akut:** Reizwirkung auf Schleimhäute und Haut, Sensibilisierung, Wirkungen auf den Magen-Darm-Trakt, Atemtrakt und auf das Nervensystem.  
**Chronisch:** Schädigung von Schleimhäuten und Haut, kanzerogenes Potenzial.

## Nickel(II)-sulfat

**Form:** Kristalle  
**Farbe:** Gelb (wasserfrei), Smaragdgrün oder Blau (Hexahydrat)  
**Geruch:** Geruchlos

### Einstufung:

H302: Akute Toxizität, Kategorie 4, Verschlucken  
H315: Reizwirkung auf die Haut, Kategorie 2  
H317: Sensibilisierung der Haut, Kategorie 1  
H332: Akute Toxizität, Kategorie 4, Einatmen  
H334: Sensibilisierung der Atemwege, Kategorie 1  
H341: Keimzellmutagenität, Kategorie 2  
H350i: Karzinogenität, Kategorie 1A  
H360D: Reproduktionstoxizität, Kategorie 1B  
H372: Spezifische Zielorgan-Toxizität (wiederholte Exposition), Kategorie 1  
H400: Gewässergefährdend, Akut, Kategorie 1  
H410: Gewässergefährdend, Chronisch, Kategorie 1



**Signalwort:** Gefahr

### Spezifische Konzentrationsgrenzen für Gemische:

Für die Einstufung von Gemischen sind die allgemeinen Konzentrationsgrenzen aus Anhang 1 der Verordnung (EG) 1272/2008 heranzuziehen.

H315: Reizwirkung auf die Haut, Kategorie 2;  $C \geq 20\%$   
H317: Sensibilisierung der Haut, Kategorie 1;  $C \geq 0,01\%$   
H372: Spezifische Zielorgan-Toxizität (wiederholte Exposition), Kategorie 1,  $C \geq 1\%$   
H373: Spezifische Zielorgan-Toxizität (wiederholte Exposition), Kategorie 2,  $0,1\% \leq C < 1\%$

### Chemische Charakterisierung:

Leicht löslich in Wasser, leicht hygroskopische Kristalle.

### Hauptwirkungsweisen:

**Akut:** Reizwirkung auf Schleimhäute und Haut (wahrscheinlich nur durch Feststoff bzw. höher konzentrierte Lösungen), hohes sensibilisierendes Potenzial, gastrointestinale und Herz-Kreislauf-Funktionsstörungen, Beeinflussung des Nervensystems.  
**Chronisch:** Hautschäden nach Sensibilisierung, Schleimhautschädigungen nach Inhalation von Aerosolen, kanzerogenes Potenzial.

## Salpetersäure

**Form:** Wässrige Lösung  
**Farbe:** Je nach Konzentration farblos bis gelb, färbt sich unter Lichteinwirkung rötlich  
**Geruch:** Stechend

### Einstufung:

H272: Oxidierende Flüssigkeiten, Kategorie 3  
 H290: Korrosiv gegenüber Metallen, Kategorie 1  
 H314: Ätzwirkung auf die Haut, Kategorie 1A  
 H330: Akute Toxizität, Kategorie 1, Einatmen



**Signalwort:** Gefahr

### Spezifische Konzentrationsgrenzen für Gemische:

Für die Einstufung von Gemischen sind die allgemeinen Konzentrationsgrenzen aus Anhang 1 der Verordnung (EG) 1272/2008 heranzuziehen.

H314: Ätzwirkung auf die Haut, Kategorie 1A,  $C \geq 20\%$   
 H314: Ätzwirkung auf die Haut, Kategorie 1B,  $5\% \leq C < 20\%$   
 H272: Oxidierende Flüssigkeiten, Kategorie 2,  $C \geq 99\%$   
 H272: Oxidierende Flüssigkeiten, Kategorie 3,  $65\% \leq C < 99\%$

### Chemische Charakterisierung:

Durch Licht- und Wärmeeinwirkung zersetzt sich Salpetersäure unter Bildung von nitrosen Gasen (Verfärbung von gelb bis rot). Nicht brennbare Flüssigkeit, mit Wasser mischbar. Mit Metallen und organischen Stoffen entstehen giftige, braun-rote Stickoxide (nitrose Gase). Sehr starkes Oxidationsmittel.

### Hauptwirkungsweisen:

**Akut:** Reiz- und Ätzwirkung auf Augen, Atemwege und Haut, Gefahr schwerer Augen- und Lungenschädigungen, bei Verschlucken lebensbedrohliche Verätzungen im Verdauungstrakt.  
**Chronisch:** Atemwegserkrankungen, Schädigung der Zähne.

## Salzsäure

**Form:** Wässrige Lösung  
**Farbe:** Farblos bis gelblich  
**Geruch:** Stechend

### Einstufung:

H290: Korrosiv gegenüber Metallen, Kategorie 1  
H314: Ätzwirkung auf die Haut, Kategorie 1B  
H318: Schwere Augenschädigung, Kategorie 1  
H335: Spezifische Zielorgan-Toxizität (einmalige Exposition), Kategorie 3



**Signalwort:** Gefahr

### Spezifische Konzentrationsgrenzen für Gemische:

Für die Einstufung von Gemischen sind die allgemeinen Konzentrationsgrenzen aus Anhang 1 der Verordnung (EG) 1272/2008 heranzuziehen.

H290: Korrosiv gegenüber Metallen, Kategorie 1,  $C \geq 0,1\%$   
H314: Ätzwirkung auf die Haut, Kategorie 1B,  $C \geq 25\%$   
H315: Reizwirkung auf die Haut, Kategorie 2,  $10\% \leq C < 25\%$   
H319: Augenreizung, Kategorie 2,  $10\% \leq C < 25\%$   
H335: Spezifische Zielorgan-Toxizität (einmalige Exposition), Kategorie 3,  $C \geq 10\%$

### Chemische Charakterisierung:

Mit Wasser mischbar. Eigenschaften einer 36%igen Lösung: Stark ätzend. Reagiert mit Luft unter Bildung von ätzendem Säurerauch (Chlorwasserstoffnebel), der schwerer als Luft ist. Starke Säure, die heftig mit Basen (Laugen) reagiert. Unedle Metalle werden unter Wasserstoffentwicklung gelöst. Oxide werden ebenfalls gelöst. Carbonate werden unter Kohlendioxid-Entwicklung umgesetzt. Mit Oxidationsmitteln entsteht Chlor. Von dem Stoff gehen akute oder chronische Gesundheitsgefahren aus.

### Hauptwirkungsweisen:

Akut: Reizwirkung und Ätzwirkung auf Augen, Atemwege und Haut, Gefahr schwerer Augen- und Lungenschäden, bei Ingestion konzentrationsabhängige Schäden im Verdauungstrakt.  
Chronisch: Atemwegserkrankungen, Schädigung der Zähne, gastrointestinale Störungen.

## Schwefelsäure

**Form:** Wässrige Lösung  
**Farbe:** Farblos  
**Geruch:** Geruchlos

### Einstufung:

H290: Korrosiv gegenüber Metallen, Kategorie 1  
 H314: Ätzwirkung auf die Haut, Kategorie 1A  
 H318: Schwere Augenschädigung, Kategorie 1



**Signalwort:** Gefahr

### Spezifische Konzentrationsgrenzen für Gemische:

Für die Einstufung von Gemischen sind die allgemeinen Konzentrationsgrenzen aus Anhang 1 der Verordnung (EG) 1272/2008 heranzuziehen.

H314: Ätzwirkung auf die Haut, Kategorie 1A,  $C \geq 15\%$   
 H315: Reizwirkung auf die Haut, Kategorie 2,  $5\% \leq C < 15\%$   
 H319: Augenreizung, Kategorie 2,  $5\% \leq C < 15\%$

### Chemische Charakterisierung:

Nicht brennbare Flüssigkeit. Leicht viskos, stark hygroskopisch. Mit Wasser mischbar. Wirkt stark ätzend und mit zunehmender Temperatur oxidierend. Konzentrierte Schwefelsäure kann organische Substanzen durch Wasserentzug unter Verkohlungszerstörung zerstören. Unedle Metalle werden unter Wasserstoffentwicklung angegriffen. Heiße konzentrierte Säure wirkt stark oxidierend. Sie greift auch Edelmetalle an. Mit Alkali- und Erdalkalimetallen sowie Ammoniaklösung erfolgt eine explosionsartige Reaktion.

### Hauptwirkungsweisen (cyanidbezogen):

Akut: Reiz- und Ätzwirkung auf Schleimhäute und Haut, Gefahr schwerer Augen- und Lungenschädigung.  
 Chronisch: Reizung der Augen und Atemwege, Zahnerosionen, Hautschädigung.

## Stickstoffmonoxid

**Form:** Verdichtetes Gas

**Farbe:** Farblos

**Geruch:** Stark süß

### Einstufung:

H270: Oxidierende Gase, Kategorie 1

H314: Ätzwirkung auf die Haut, Kategorie 1B

H318: Schwere Augenschädigung, Kategorie 1

H330: Akute Toxizität, Kategorie 1, Einatmen



**Signalwort:** Gefahr

### Chemische Charakterisierung:

Oxidierendes Gas. Stoff selbst brennt nicht, erhöht jedoch die Feuergefahr bei Berührung mit brennbaren Stoffen und kann einen bestehenden Brand erheblich fördern. Nur geringfügig löslich in Wasser. Chemisch instabil bei erhöhter Temperatur. Bildet bei zunehmender NO-Konzentration in Luft mit Sauerstoff  $\text{NO}_2$  (bzw.  $\text{N}_2\text{O}_4$ ). Von dem Stoff gehen akute oder chronische Gesundheitsgefahren aus.

### Hauptwirkungsweisen (cyanidbezogen):

Akut: Beeinflussung der Blut- und der ZNS-Funktion, Reiz- und lungenschädigende Wirkung sind vorwiegend verunreinigungsbedingt ( $\text{NO}_2$ ).

Chronisch: Keine substanzspezifischen Angaben verfügbar.

## Stickstoffdioxid

**Form:** Unter Druck verflüssigtes Gas  
**Farbe:** Braun, ändert sich beim Abkühlen des Gases von rotbraun nach blassgelb  
**Geruch:** Stechend

### Einstufung:

H270: Oxidierende Gase, Kategorie 1  
 H314: Ätzwirkung auf die Haut, Kategorie 1B  
 H318: Schwere Augenschädigung, Kategorie 1  
 H330: Akute Toxizität, Kategorie 1, Einatmen



**Signalwort:** Gefahr

### Spezifische Konzentrationsgrenzen für Gemische:

Für die Einstufung von Gemischen sind die allgemeinen Konzentrationsgrenzen aus Anhang 1 der Verordnung (EG) 1272/2008 heranzuziehen.

H335: Spezifische Zielorgan-Toxizität (einmalige Exposition), Kategorie 3, C ≥ 0,5%

### Chemische Charakterisierung:

Oxidierendes Gas. Stoff selbst brennt nicht, erhöht jedoch die Feuergefahr bei Berührung mit brennbaren Stoffen und kann einen bestehenden Brand erheblich fördern. Stickstoffdioxid steht mit Distickstofftetraoxid in einem druck- und temperaturabhängigen Gleichgewicht. Dimerisiert unter 0 °C vollständig zu farblosem Distickstofftetraoxid. Löslich unter Hydrolyse in Wasser. Bildet dabei unter starker Wärmeentwicklung Salpetersäure. Gas ist schwerer als Luft. Von dem Stoff gehen akute oder chronische Gesundheitsgefahren aus.

### Hauptwirkungsweisen (cyanidbezogen):

Akut: Reizwirkung auf Schleimhäute, Lungenschädigung.  
 Chronisch: Lungenfunktionsstörungen.

### 3 Beurteilungsmaßstäbe für die relevanten Gefahrstoffe

In Tabelle 1 sind die Gefahrstoffe und deren Beurteilungsmaßstäbe (z. B. Arbeitsplatzgrenzwerte (TRGS 900), Akzeptanz- und Toleranzkonzentrationen (TRGS 910, TRGS 561); MAK-Werte)

sowie Überschreitungsfaktoren für Spitzenbegrenzungen aufgeführt (CLP-Verordnung, GESTIS-Stoffdatenbank).

Gefahrstoff	Beurteilungsmaßstäbe mg/m <sup>3</sup>	Spitzenbegrenzung; Überschreitungsfaktor	Bemerkungen
Chrom(VI)-Verbindungen	BM: 0,001 (E)*	8	H, Sh**
Cyanide (als CN berechnet)	MAK: 2 (E)**	1 (II)**	H, Y**
Cyanwasserstoff	AGW: 1	5 (II)	H, Y
Cobalt und Cobaltverbindungen, als Carc. 1A, Carc. 1B eingestuft	AK: 0,0005 (A)*	–	H, Sah**
	TK: 0,005 (A)*	8	
Fluoride (als Fluor berechnet)	AGW: 1 (E)	4 (II)	Y, H
Fluorwasserstoff (Flusssäure)	AGW: 0,83	2 (I)	Y, H
Hydrogenchlorid (Salzsäure)	AGW: 3	2 (I)	Y
Natriumhydroxid (Natronlauge)	LIG (Polen): 0,5***	–	–
Nickelmetall	AGW: 0,006 (A)	8 (II)	Y, Sh
	AGW: 0,03 (E)•		
Nickelverbindungen, als Carc. 1A, Carc. 1B eingestuft	AK = TK: 0,006 (A)*	8	Y, Sh
	AGW: 0,03 (E)••	8 (II)	
Phosphorpentoxid (als Orthophosphorsäure)	AGW: 2 (E)	2 (I)	Y
Salpetersäure	2,6****	–	–
Schwefelsäure	AGW: 0,1 (E)	1 (I)	Y
Stickstoffmonoxid	AGW: 2,5	2 (II)	–
Stickstoffdioxid	AGW: 0,95	2 (I)	–

(A): Alveolengängige Fraktion  
 (E): Einatembare Fraktion  
 AK: Akzeptanzkonzentration (TRGS 910)  
 TK: Toleranzkonzentration (TRGS 910)  
 Y: Risiko der Fruchtschädigung (TRGS 900)  
 H: Gefahr der Hautresorption (TRGS 900)  
 Sh: Gefahr der Sensibilisierung der Haut (TRGS 900)  
 Sah: Gefahr der Sensibilisierung der Atemwege und der Haut (TRGS 900)  
 I: Stoffe, bei denen die lokale Wirkung grenzwertbestimmend ist oder  
 atemwegssensibilisierende Stoffe (Kategorie I nach TRGS 900)  
 II: Resorptiv wirksame Stoffe (Kategorie II nach TRGS 900)

\* Der Arbeitsplatzgrenzwert bzw. die Konzentration bezieht sich auf den Elementgehalt des entsprechenden Metalls.  
 \*\* Empfehlungen der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe (MAK-Kommission) der DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft).  
 \*\*\* LIG: Liste internationaler Grenzwerte (GESTIS), kein verbindlicher Arbeitsplatzgrenzwert.  
 \*\*\*\* Der Arbeitsplatzgrenzwert ist nur als Kurzzeitwert festgelegt. Die betriebliche Überwachung soll durch messtechnische Mittelwertbildung über 15 Minuten erfolgen, z. B. durch eine 15 minütige Probenahme.  
 • Der Arbeitsplatzgrenzwert gilt für die Summe aus Nickelmetall und nicht krebserzeugenden Nickelverbindungen.

Tabelle 1: Gefahrstoffe, Beurteilungsmaßstäbe und Spitzenbegrenzungen (Stand: Dezember 2022)

# 4 Informationsermittlung

Wer im Betrieb Tätigkeiten mit Gefahrstoffen sicher durchführen will, muss genau wissen, welche Gefahrstoffe eingesetzt werden bzw. bei welchen Arbeitsprozessen Gefahrstoffe verfahrensbedingt entstehen. Dementsprechend müssen die Unternehmen die damit verbundenen Gefährdungen der Beschäftigten ermitteln und entsprechende Schutzmaßnahmen festlegen.

Die Kenntnis, welche Stoffe und Verbindungen zu den Gefahrstoffen zählen, ist eine der wichtigen Voraussetzungen für eine fachkundige Gefährdungsbeurteilung.

Erste Hinweise darauf, dass es sich um einen Gefahrstoff handelt, welche gefährlichen Eigenschaften dieser besitzt, welche Gefahren auftreten können und welche Schutzmaßnahmen erforderlich sind, erhält das Unternehmen aus der Kennzeichnung auf dem Gebinde (Abb. 1) und dem Sicherheitsdatenblatt. Hierbei ist insbesondere auf die Aktualität des Sicherheitsdatenblattes zu achten.

Abb. 1 und 2 zeigen die Kennzeichnung von Gebinde und Umverpackung nach der CLP-Verordnung. Wird aber ein Arbeitsstoff eingesetzt, der nicht gekennzeichnet ist, bleiben Zweifel. Es kann sich um einen Stoff ohne Gefährlichkeitsmerkmale handeln, es kann aber auch eine Unterlassung des Inverkehrbringers vorliegen. Auch in diesem Fall müssen die Unternehmen prüfen, ob bei den vorgesehenen Tätigkeiten stoffbedingte Gefahren – also Gefahrstoffe – bei der Verwendung oder im Fertigungsprozess entstehen. Erforderlichenfalls müssen Unternehmen sich fachlich beraten lassen, z. B. vom Hersteller.

Für die im Betrieb verwendeten Stoffe und Gemische muss nach der GefStoffV für die jeweilige Tätigkeit ermittelt werden, welche Gefahren auftreten. Dazu werden in der Verordnung detaillierte Anforderungen beschrieben. Die Tabelle 2 enthält die Anforderungen nach GefStoffV mit erläuternden Hinweisen.



Abb. 1: Kennzeichnung auf dem Gebinde für Chromsäure



Abb. 2: Kennzeichnung auf der Umverpackung eines Behälters

<b>Ermitteln und Beurteilen</b>	<b>Hinweise; Erläuterungen</b>
Gefährliche Eigenschaften der Stoffe oder Gemische	Erste Hinweise, welche gefährlichen Inhaltsstoffe in den Produkten vorhanden sind, erhält man aus der Kennzeichnung der Gebinde und aus dem Sicherheitsdatenblatt. Es ist aber auch darauf zu achten, ob verfahrensbedingt Stoffe entstehen und diese ggf. gefährliche Eigenschaften haben.
Informationen des Herstellers oder Inverkehrbringers zum Gesundheitsschutz und zur Sicherheit (Sicherheitsdatenblatt)	Nach GefStoffV muss der Inverkehrbringer/Lieferant spätestens bei der ersten Lieferung ein Sicherheitsdatenblatt in deutscher Sprache übermitteln, das den Anforderungen gemäß Artikel 31 in Verbindung mit Anhang II der REACH-Verordnung entspricht. Insbesondere die in Abschnitt 2 „Mögliche Gefahren“ und in Abschnitt 3 „Zusammensetzung/Angaben zu Bestandteilen“ aufgeführten Hinweise können für die Informationsermittlung herangezogen werden.
Ausmaß, Art und Dauer der Exposition unter Berücksichtigung aller Expositionswege; dabei ist zu berücksichtigen, ob die Arbeitsplatzgrenzwerte bzw. Beurteilungsmaßstäbe eingehalten werden	Dies kann z. B. durch Messungen der Konzentration des Gefahrstoffes in der Luft am Arbeitsplatz, durch zuverlässige Berechnungen und durch Anlagenvergleiche geschehen. Die DGUV Information 213-716 „Galvanotechnik und Eloxieren – EGU-Empfehlung“ enthält für typische Verfahren konkrete Messergebnisse. Die dermale Exposition ist unter Berücksichtigung der TRGS 401 „Gefährdung durch Hautkontakt – Ermittlung, Beurteilung, Maßnahmen“ zu ermitteln und zu bewerten.
physikalisch-chemische Wirkungen	Hier ist u. a. das Brand- und Explosionsverhalten von im Prozess unerwünscht entstehendem Wasserstoff zu berücksichtigen.
Möglichkeiten einer Substitution von Stoffen oder Verfahren	Das in der TRGS 600 enthaltene „Spaltenmodell“ ermöglicht dies u. a. durch Vergleich der H-Sätze, der Einstufung und einiger sicherheitstechnischer Parameter (Dampfdruck, Flammpunkt, Wassergefährdungsklasse). Auch durch Einsatz emissionsmindernder Netzmittel kann die Exposition reduziert werden.
Arbeitsbedingungen und Verfahren, einschließlich der Arbeitsmittel und der Gefahrstoffmenge	Verfahrenstechnische Parameter, wie Siedepunkt, Dampfdruck oder die Folgen einer Staubentwicklung, sollten hier berücksichtigt werden. Anstelle staubförmiger Gefahrstoffe lassen sich diese ggf. auch in Granulatform, als Pasten oder in gelöster, flüssiger Form einsetzen.
Arbeitsplatzgrenzwerte bzw. Beurteilungsmaßstäbe und biologische Grenzwerte	Ist kein verbindlicher Grenzwert oder sind keine Beurteilungsmaßstäbe vorhanden, kann der Arbeitgeber oder die Arbeitgeberin nach entsprechender fachkundiger Bewertung u. a. Beurteilungsmaßstäbe nach TRGS 402 Abschnitt 5.4.2 oder das „einfache Maßnahmenkonzept“ der BAuA zur Bewertung der Exposition heranziehen. Auch die GESTIS-Stoffdatenbank kann Hinweise auf andere Beurteilungsmaßstäbe geben.
Wirksamkeit der getroffenen oder zu treffenden Schutzmaßnahmen	Ob eine Schutzmaßnahme ausreichend wirksam ist, kann erst nach der Wirksamkeitsprüfung festgestellt werden. Die kann z. B. durch eine Messung der Konzentration im Arbeitsbereich oder durch regelmäßige Prüfung der Lüftungstechnischen Einrichtung erfolgen. Auch mit Rauchröhrchen kann auf einfachste Weise die Wirksamkeit der Erfassungselemente direkt am Elektrolyten gecheckt werden.
Schlussfolgerungen aus durchgeführter arbeitsmedizinischer Vorsorge	Hier können Erfahrungen und Erkenntnisse aus der arbeitsmedizinischen Vorsorge, unter Wahrung der ärztlichen Schweigepflicht, herangezogen werden.

**Tabelle 2: Anforderungen nach GefStoffV**

Die Abb. 3 zeigt in einer Übersicht die wichtigsten Arbeitsschutzregelungen für galvanotechnische Verfahren, in absteigender rechtlicher Verbindlichkeit.



Abb. 3: Übersicht der wichtigsten Arbeitsschutzregelungen für galvanotechnische Verfahren

## 5 Gefahrstoffverzeichnis

Die Unternehmen sind verpflichtet, alle vorhandenen Gefahrstoffe in einem Verzeichnis zu erfassen. Auf die entsprechenden Sicherheitsdatenblätter ist hinzuweisen.

Das Gefahrstoffverzeichnis ist eine Aufstellung der Gefahrstoffe aus den einzelnen Arbeitsbereichen eines Betriebes sowie jener Gefahrstoffe, die beim Fertigungs- oder Produktionsablauf entstehen können. Das Gefahrstoffverzeichnis muss folgende Angaben enthalten:

- 1 Bezeichnung des Gefahrstoffes
- 2 Einstufung des Gefahrstoffes oder Angaben zu den gefährlichen Eigenschaften
- 3 Mengenbereiche des Gefahrstoffes im Betrieb
- 4 Arbeitsbereiche

Es hat den Zweck, einen Überblick über die im Betrieb hergestellten, verwendeten und freigesetzten Gefahrstoffe zu geben. Das Verzeichnis muss allen betroffenen Beschäftigten und ihren Vertretern zugänglich sein und ist auf dem aktuellen Stand zu halten. Dabei sollte sichergestellt werden, dass Informationen über diejenigen Gefahrstoffe, die bislang im Betrieb eingesetzt wurden, nicht verloren gehen. Bei späteren Erkrankungen von Beschäftigten kann dann recherchiert werden, mit welchen Gefahrstoffen zum Zeitpunkt der Beschäftigung Tätigkeiten ausgeführt wurden. Die Angaben im Gefahrstoffverzeichnis beziehen sich immer auf einen Arbeitsbereich.

## 5.1 Beispiel-Gefahrstoffverzeichnisse

In galvanotechnischen Betrieben befinden sich Gefahrstoffe u. a. im Lager, in Prozessbehältern und in der Abwasserbehandlung. Die Erstellung eines klassischen Gefahrstoffverzeichnisses für diesen Bereich ist somit wenig hilfreich. Aus diesem Grunde wurden für diese Branche zwei Beispiel-Gefahrstoffverzeichnisse (siehe

Anhang 1.1 und 1.2) erarbeitet, die neben den allgemeinen Daten zusätzliche Angaben enthalten:

- Gefahrstoffverzeichnis für Verfahren/Elektrolyte
- Gefahrstoffverzeichnis für das Gefahrstofflager

Im **Gefahrstoffverzeichnis für Verfahren/Elektrolyte** sind zunächst die am häufigsten angewandten Beschichtungsverfahren (Verchromen, Vernickeln, Verkupfern etc.) und anschließend Vor- und Nachbehandlungsverfahren aufgeführt. Diese Angaben sind den konkreten betrieblichen Verhältnissen anzupassen.

Das Gefahrstoffverzeichnis enthält sechs Spalten:

**Spalte 1:** „Verfahren/Elektrolyte“. Neben dem Verfahren sind pH-Wert und Temperatur angegeben.

**Spalte 2:** „Gefahrstoff“. Hier werden die Gefahrstoffe aufgeführt, die üblicherweise bei dem jeweiligen Verfahren Verwendung finden.

**Spalte 3:** „Einstufung oder gefährliche Eigenschaften“. Angegeben werden Einstufung, Gefahrenbezeichnung sowie H- und P-Sätze. Die Einstufung ist von Anwendern selbst zu ermitteln und einzutragen. Die Einstufung wird entsprechend der Einsatzkonzentration der aufgeführten Gefahrstoffe vorgenommen.

**Spalte 4:** „WGK“. Angegeben wird die Wassergefährdungsklasse für den vorliegenden Elektrolyten. Die jeweilige WGK ist selbst einzutragen. Hinweise können der GESTIS-Stoffdatenbank entnommen werden.

**Spalte 5:** „Mengenbereiche im Betrieb (Elektrolytinhalt/Füllmenge)“. Hier soll die Gesamtmenge (Elektrolytinhalt, Füllmenge) des eingesetzten Mediums (Elektrolyt, Reiniger etc.) angegeben werden. Eingetragen sind bereits die üblichen Konzentrationen.

**Spalte 6:** „Bemerkungen“. Diese Spalte ist für zusätzliche Angaben vorgesehen. Es wird bereits auf besondere Gefahren, z. B. Verpuffungsgefahr durch Wasserstoffentwicklung, hingewiesen. Soweit nach dem Stand der Technik Absaugungen am Elektrolyten erforderlich sind, wird der Hinweis „Absaugung erforderlich“ gegeben. In einigen Fällen werden Absaugungen empfohlen. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn eine Absaugung aus Gründen der Anlagenerhaltung (z. B. Korrosion) sinnvoll ist.

Das **Gefahrstoffverzeichnis für das Gefahrstofflager** ist alphabetisch gegliedert. Es beinhaltet fünf Spalten:

**Spalte 1:** „Gefahrstoff“. Hier werden die Gefahrstoffe aufgeführt, die üblicherweise bei dem jeweiligen Verfahren Verwendung finden.

**Spalte 2:** „Einstufung oder gefährliche Eigenschaften“. Die Einstufung, das Signalwort bzw. die Gefahrenbezeichnung sowie die H- und P-Sätze werden angegeben. Entsprechend der Konzentration der aufgeführten Gefahrstoffe wurde eine Einstufung in Anlehnung an die Stoffliste aus der CLP-Verordnung vorgenommen.

**Spalte 3:** „WGK“. Angegeben wird die Wassergefährdungsklasse. Die jeweilige WGK ist selbst einzutragen. Hinweise können der GESTIS-Stoffdatenbank entnommen werden.

**Spalte 4:** „Mengenbereiche im Lager“. Hier sollen die durchschnittlichen Lagermengen angegeben werden.

**Spalte 5:** „Bemerkungen“. Diese Spalte ist für zusätzliche Angaben vorgesehen.

## 5.2 Betriebsspezifische Ergänzungen für die Gefahrstoffverzeichnisse

Die Beispiel-Gefahrstoffverzeichnisse (siehe Anhang 1.1 und 1.2) enthalten bereits allgemeingültige Eintragungen. Die Unternehmen müssen diese überprüfen und die noch fehlenden Daten in den Beispiel-Gefahrstoffverzeichnissen (gekennzeichnet durch Linien) eintragen.

Die Angaben im Beispiel-Gefahrstoffverzeichnis sind zu ändern, falls betriebsspezifische Parameter (Temperatur, pH-Wert, Inhaltsstoffe, Konzentration) davon abweichen, nicht Zutreffendes (z. B. ein Gefahrstoff) ist zu streichen.

Die erforderlichen Angaben für Verfahren/Elektrolyte bzw. Gefahrstoffe im Lager, die nicht in den Beispiel-Gefahrstoffverzeichnissen aufgeführt sind, können in den leeren Feldern eingetragen werden.

Sind mehrere Prozessbehälter vorhanden, kann die Anzahl der Prozessbehälter bei gleichem Elektrolyten in der Spalte „Bemerkungen“ ver-

merkt werden (z. B. drei Verchromungsbehälter). Liegen unterschiedliche Elektrolytinhalte vor, sollten diese in den leeren Feldern aufgeführt und in der Spalte „Bemerkungen“ ggf. nähere Hinweise gegeben werden.

Weicht die Einsatzkonzentration von der im Beispiel-Gefahrstoffverzeichnis „Verfahren/Elektrolyte“ angegebenen Konzentration (Spalte 5 „Mengenbereiche im Betrieb (Elektrolytinhalt/Füllmenge)“) ab, ist beim Hersteller/Lieferanten nachzufragen, welche Einstufung (vgl. Spalte 3) für diese Konzentration zutrifft.

Das Gefahrstoffverzeichnis ist bei wesentlichen Änderungen fortzuschreiben und mindestens einmal jährlich auf Aktualität zu überprüfen. Der Bearbeitungsstand sowie der Bearbeiter/die Bearbeiterin sollten dokumentiert werden.

## 6 Gefährdungsbeurteilung

Bei der Herstellung metallischer Überzüge liegen Tätigkeiten mit Gefahrstoffen (z. B. sechswertige Chromverbindungen, Nickelverbindungen in Form atembare Tröpfchen, Natriumhydroxid, Schwefelsäure) vor.

Die Unternehmen sind deshalb verpflichtet, die Gefährdungsbeurteilung nach der Gefahrstoffverordnung durchzuführen.

Die Gefährdungsbeurteilung darf nur von fachkundigen Personen durchgeführt werden. Verfügt der Unternehmer oder die Unternehmerin selbst nicht über die entsprechenden Kenntnisse, so hat er/sie sich fachkundig beraten zu lassen. Fachkundig können insbesondere die Fachkraft für Arbeitssicherheit und die Betriebsärztin oder der Betriebsarzt sein (vgl. GefStoffV).

Die Gefahrstoffexposition der Beschäftigten in den Arbeitsbereichen ist im Wesentlichen abhängig von:

- den als Elektrolyt eingesetzten Stoffen/Gemischen und dem Einsatz von Netzmitteln
- der Konzentration der Einsatzstoffe im Elektrolyten
- der Aufenthaltsdauer (Expositionszeit) und die Art der durchgeführten Tätigkeit
- der eingesetzten Anlagentechnik
- den Verfahrensparametern wie Temperatur, Lufteinblasung, Stromdichte und -ausbeute
- den Lüftungstechnischen Verhältnissen, z. B. Randabsaugung, Raumlüftung

Die Beurteilung der Exposition erfolgt dann in der Regel durch eine Betrachtung der Arbeitsbereiche

nach der TRGS 402 „Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition“. Innerhalb der Arbeitsbereichsanalyse kann u. a. durch Expositionsmessungen, zuverlässige Berechnungen oder durch Anlagenvergleiche festgestellt werden, ob die Arbeitsplatzgrenzwerte/Beurteilungsmaßstäbe eingehalten oder überschritten werden. Messwerte, für verschiedene Verfahren und Elektrolyte, befinden sich in der DGUV Information 213-716 „Galvanotechnik und Eloxieren – Empfehlungen Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (EGU) nach der Gefahrstoffverordnung“. Liegen die im eigenen Unternehmen ermittelten Expositionen für Gefahrstoffe unterhalb der in der EGU-Empfehlung angegebenen 95 %-Perzentilwerte, so kann davon ausgegangen werden, dass der Stand der Technik erreicht ist (siehe auch Tabelle 3, Kapitel 7.1).

Im Anhang 2 wird am Beispiel „Hartverchromen an einer Handanlage“ dargestellt, wie eine Gefährdungsbeurteilung nach GefStoffV durchgeführt werden kann.

In jedem Fall sind aber noch mögliche Brand- und Explosionsgefahren sowie die sonstigen

Gefahren in der Gefährdungsbeurteilung zu bewerten und ggf. weitergehende Schutzmaßnahmen zu treffen. Im Gefahrstoffverzeichnis (Anhang 1) sind dazu in der Spalte Bemerkungen Hinweise auf eine Verpuffungsgefahr durch Wasserstoffentwicklung enthalten. Ein Muster für ein Explosionsschutz-Dokument nach der Gefahrstoffverordnung zeigt Anhang 3.

### Dokumentation

Die Gefährdungsbeurteilung ist zu dokumentieren. In der Dokumentation sind insbesondere anzugeben: die am Arbeitsplatz auftretenden Gefährdungen, die Prüfung der Möglichkeiten der Substitution, deren Ergebnis mit Begründung sowie die im Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung ausgewählten und umzusetzenden Schutzmaßnahmen. Dabei ist auch anzugeben, wie die Wirksamkeitskontrolle erfolgt.

Wichtig ist, dass die Unternehmen unabhängig von der Zahl der Beschäftigten eine Tätigkeit mit Gefahrstoffen erst aufnehmen lassen dürfen, nachdem eine Gefährdungsbeurteilung vorgenommen und die erforderlichen Schutzmaßnahmen getroffen wurden.

## 7 Schutzmaßnahmen

Maßnahmen zum Schutz der Beschäftigten vor Gesundheitsgefahren durch Gefahrstoffe müssen bereits im Vorfeld, also vor dem praktischen Einsatz im Betrieb, ausgewählt und umgesetzt werden.

Das Unternehmen hat eine entsprechende Arbeitsschutzorganisation zu schaffen und erforderliche Maßnahmen zum Arbeits- und Gesundheitsschutz zu veranlassen.

Hierzu gehören u. a. die Festlegung und Beschreibung von Regeln und Verfahrensabläufen,

Einrichten der notwendigen betrieblichen Steuerungsinstrumente und nicht zuletzt die Schulung der Vorgesetzten und Mitarbeitenden.

Hier hat sich die Einführung eines Gefahrstoff-Management-Systems mit festgeschriebenen Abläufen vom Einkauf bis zur Entsorgung bzw. Abwasserbehandlung bewährt.

Die konkret im Betrieb erforderlichen Schutzmaßnahmen ergeben sich aus der Gefährdungsbeurteilung und müssen sich am Stand der Technik orientieren.

## 7.1 Stand der Technik

Der Stand der Technik wird in der aktuell gültigen europäischen Norm DIN EN 17059:2018 für Galvanik- und Anodisieranlagen beschrieben. Neben Anforderungen der EU-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG werden auch Verfahren zur Prüfung und Messung, die Kennzeichnung der Maschine und die Mindestanforderungen an Informationen zum Betrieb festgelegt.

Diese Norm konkretisiert einschlägige Anforderungen aus Anhang I der EU-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG an erstmals im Europäischen Wirtschaftsraum (EWR) in Verkehr gebrachte Maschinen, um den Nachweis der Übereinstimmung mit diesen Anforderungen zu erleichtern. Ab dem Zeitpunkt ihrer Bezeichnung als harmonisierte Norm im Amtsblatt der Europäischen Union, kann der Hersteller bei ihrer Anwendung davon ausgehen, dass er die von der Norm behandelten Anforderungen der Maschinenrichtlinie eingehalten hat (die so genannte Vermutungswirkung).

Die Anforderungen der Maschinenrichtlinie und der Norm richten sich an den Hersteller von

Maschinen. Aber auch der Anlagenbetreiber sollte wissen, welche Anforderungen nach dem Stand der Technik für Galvanik- und Anodisieranlagen zu erfüllen sind, insbesondere beim Kauf von Neuanlagen oder bei der Anpassung des Schutzniveaus von Altanlagen.

Galvanik- und Anodisieranlagen, die nicht nach der Norm DIN EN 17059:2018 errichtet wurden und betrieben werden, sind entsprechend den Anforderungen der Betriebssicherheitsverordnung und unter Berücksichtigung der EmpfBS 1114 „Anpassung an den Stand der Technik bei der Verwendung von Arbeitsmitteln“ an den Stand der Technik anzupassen.

Vertreter der Hersteller und Betreiber von Galvanik- und Anodisieranlagen sowie der Unfallversicherungsträger waren an der Erarbeitung der Norm beteiligt.

Einen Überblick über den Stand der Technik zu verschiedenen Verfahren enthält die Tabelle 3.

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 109-602 „Branche Galvanik“)

**Tabelle 3: Technische Maßnahmen zur Minderung der inhalativen Exposition zur Erreichung der Beurteilungsmaßstäbe für Chrom(VI)-Verbindungen sowie für Nickel- und Cobaltverbindungen nach der TRGS 561 in Kapitel 5.4.4, Tabelle 3**

Die Rang- und Reihenfolge der Schutzmaßnahmen orientiert sich an den Vorgaben der Gefahrstoffverordnung.

Mit Blick auf die besonderen Gefährdungen durch krebserzeugende Gefahrstoffe beim Verchromen, Chromatieren und Vernickeln bildet die TRGS 561 „Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen und ihren Verbindungen“ den aktuellen Stand der Technik ab. Hat der Unternehmer oder die Unternehmerin alle aufgeführten Schutzmaßnahmen (der Tabelle 3 im Abschnitt 5.4.4 der TRGS 561) umgesetzt, kann er oder sie davon ausgehen, dass der Beurteilungsmaßstab für Chrom(VI)-Verbindungen sowie die Akzeptanzkonzentrationen für Nickel- und Cobaltverbindungen bei den aufgeführten Verfahren eingehalten werden. Zudem weist die Tabelle 3 auf die Konkretisierung der Schutzmaßnahmen in der DGUV Regel 109-602 „Branche Galvanik“ hin.

Eine wertvolle Hilfestellung bietet die EGU-Empfehlung „Galvanotechnik und Eloxieren“ (DGUV Information 213-716) für die Gefährdungsbeurteilung nach der Gefahrstoffverordnung. In der EGU-Empfehlung sind Maßnahmen beschrieben, die zu einer Umsetzung des Standes der Technik führen und auf die Unterschreitung der jeweiligen Beurteilungsmaßstäbe gerichtet sind. In der Praxis bedeutet dies, dass mittels wirksamer Randabsaugung am Chrom- oder Nickelelektrolyten, ggf. Einsatz wirksamer Netzmittel und einer ausreichenden Raumlüftung, die Chrom(VI)- bzw. Nickelaerosole in der Luft am Arbeitsplatz reduziert werden können.

Im Folgenden werden die Schutzmaßnahmen entsprechend der Rangfolge nach der Gefahrstoffverordnung mit praktischen Beispielen erläutert.

## 7.2 Substitution

Im Rahmen einer Substitutionsprüfung muss überprüft werden, ob der Einsatz weniger gefährlicher oder sogar ungefährlicher Stoffe möglich ist. Ebenfalls ist zu prüfen, ob ein emissionsärmeres Verfahren eingesetzt werden kann. Zu den Grundpflichten der Arbeitgebenden gehört, das Ergebnis der Überprüfung zu dokumentieren (siehe GefStoffV mit TRGS 600).

In der Praxis kann diese Forderung erfüllt werden, wenn im Rahmen des Freigabeverfahrens bzw. der Einführung von Gefahrstoffen im Betrieb die Anforderungen der TRGS 600 umgesetzt werden und eine Dokumentation der Ergebnisse erfolgt. Sehr hilfreich ist hierzu das Beispiel der Durchführung einer Substitutionsprüfung im Anhang 1 der TRGS 600.

### Ersatzstoffe

Sobald die Ermittlungen ergeben haben, dass es sich bei dem eingesetzten bzw. dem vorgesehenen Arbeitsstoff um einen Gefahrstoff handelt, muss geklärt werden, ob nicht auch der Einsatz eines weniger gefährlichen oder ungefährlicheren Ersatzstoffes möglich ist.

Das gesundheitliche Risiko von Stoffen und Gemischen ist außerordentlich komplex und hängt von verschiedenen Faktoren ab.

Dies sind u. a.:

- arbeitsmedizinisch-toxikologische Faktoren (z. B. Aufnahme und Wirkung des Stoffes, schädigende Stoffeigenschaften, Wahrscheinlichkeit eines möglichen Gesundheitsschadens)
- chemisch-physikalische Faktoren (z. B. Aggregatzustand, Siedepunkt, Dampfdruck, Schmelzpunkt, Mischungsverhältnis, Sättigungskonzentration)
- betriebs- und verfahrenstechnische Faktoren (z. B. Arbeitsverfahren, Exposition am Arbeitsplatz)

### Beispiele:

Reinigungs- und Entfettungsverfahren auf der Basis wässriger Tenside bieten heute gegenüber den gefährlicheren Chlorkohlenwasserstoffen (CKW, z. B. Perchlorethylen) häufig eine kostengünstigere Alternative insbesondere, wenn man allein die beim CKW-Einsatz erforderliche Anlagentechnik sowie die Entsorgung

aufgrund von Arbeitsschutz- und Umweltschutzaufgaben betrachtet.

### Emissionsarme Verfahren oder Verwendungsformen

Können keine Ersatzstoffe eingesetzt werden, so steht als nächstes die Frage nach einem emissionsärmeren Verfahren und dem Einsatz emissionsarmer Verwendungsformen des Arbeitsstoffes an.

### Emissionsarme Verfahren

Dies sind solche Verfahren, die wenig Emissionen freisetzen. Der Einsatz von Netzmitteln mit Netzmitteln ist ein gutes Beispiel für ein emissionsarmes Verfahren z. B. beim Hart- und Glanzverchromen (Abb. 4).



Abb. 4: Einsatz von Netzmitteln beim Verchromen

Außer dem Einsatz eines wirksamen Netzmittels kann die Chrom(VI)-Konzentration in der Luft am Arbeitsplatz erheblich reduziert werden. Untersuchungen in Mitgliedsbetrieben der BG ETEM ergaben Chrom(VI)-Konzentrationen unterhalb des 95%-Perzentil-Werts (siehe DGUV Information 213-716) ausschließlich durch den Einsatz von Netzmitteln.

Beim Eloxieren mit dem Schwefelsäureverfahren haben Untersuchungen ergeben, dass eine Minderung der Schwefelsäure-Aerosole in der Luft am Arbeitsplatz durch eine Kathodenumhüllung (Abb. 5) möglich ist.

Die Kathode im Eloxalelektrolyten wird hierbei mit einem Kunststoffvlies umhüllt, das spezielle Eigenschaften aufweist:

- Säurebeständigkeit
- Undurchlässigkeit für Gasbläschen im Elektrolyten
- Durchlässigkeit für Wasserstoff über dem Elektrolyten
- Undurchlässigkeit für Aerosole über dem Elektrolyten



Abb. 5: Kathodenumhüllung zur Reduzierung der Schwefelsäure-Aerosole beim Eloxieren

Durch die Kathodenumhüllung konzentriert sich die Gasentwicklung an der Kathode. Es findet hier eine Trennung von Schwefelsäuretröpfchen und Gasphase statt. Ein Entweichen von Aerosolen über die gesamte Elektrolytoberfläche in die Luft am Arbeitsplatz wird verhindert. Die Untersuchungen „mit und ohne“ Kathodenumhüllung zeigen, dass eine deutliche Reduzierung der Schwefelsäure-Aerosole in der Luft am Arbeitsplatz bis um den Faktor 10 zu erreichen ist.

### Weniger gefährliche Verwendungsformen

Welche Verwendungsform gewählt wird, kann sich ebenfalls erheblich auf die frei werdende Gefahrstoffkonzentration am Arbeitsplatz auswirken. Anstelle staubförmiger Gefahrstoffe lassen sich diese z. B. häufig auch in Granulatform, als Pasten oder ggf. in gelöster, flüssiger Form einsetzen. Der Einsatz von fertig angesetzten Elektrolyten bietet den Vorteil, dass mit weniger gefährlichen Einsatzstoffen umgegangen und die Gefährdung beim Ansetzen reduziert wird (Abb. 6).

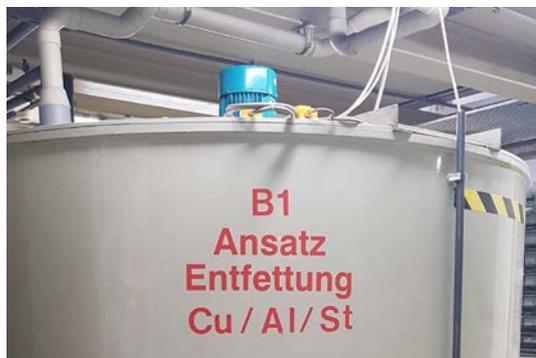


Abb. 6: Fertigansatz für die Versorgung von Prozessbehältern

## 7.3 Technische Schutzmaßnahmen

Technische Schutzmaßnahmen haben Vorrang vor organisatorischen oder persönlichen Schutzmaßnahmen. Diese sollen möglichst zwangsläufig dafür sorgen, dass Gase, Dämpfe, Stäube etc. nicht in den Arbeitsbereich der Beschäftigten gelangen können bzw. ein Kontakt zu den Gefahrstoffen auf ein Mindestmaß beschränkt bleibt.

Als Maßstab dient hier der „Stand der Technik“, also der Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, der sich in der praktischen Anwendung bewährt hat. Entsprechend der Rangfolge ihrer Wirksamkeit werden folgende technische Maßnahmen unterschieden:

### **Auswahl von Arbeitsverfahren, Anlagentechniken etc., die ein Freiwerden von Gefahrstoffen ausschließen (geschlossene Anlage)**

Grundsätzlich ist zu prüfen, ob das Verfahren in einem geschlossenen System anzuwenden ist, dies gilt insbesondere für krebserzeugende Gefahrstoffe.

Nachfolgend werden „nicht abschließend“ Beispiele für Technische Schutzmaßnahmen vorgestellt.

#### **Beispiele:**

##### **Geschlossenes System**

Gibt es, z. B. aus fertigungstechnischen Gründen, keinen Ersatz für Tetrachlorethen (Perchloräthylen, Per), sind solche Verfahren einzusetzen, die einen Kontakt der Beschäftigten zu diesem Gefahrstoff ausschließen. Dies ist möglich durch den Einsatz einer geschlossenen Anlage (Abb. 7).



Abb. 7: Geschlossene Entfettungsanlage mit Tetrachlorethen (Per) als Reinigungsmittel

##### **Geschlossene Befülleinrichtung (Zudosieren) für Prozessbehälter**

Das Befüllen von Prozessbehältern, z. B. mit Säuren, Laugen und sonstigen gefährlichen Gemischen, ist, soweit dies noch aus Behältnissen „von Hand“ geschieht, mit erheblichen Unfallgefahren (unbeabsichtigtes Verspritzen, Verschütten, Sturz beim Transport u. a.) verbunden. Ideal ist hier die Versorgung der Prozessbehälter durch geschlossene Befüllsysteme (Abb. 8).



Abb. 8: Versorgung von Prozessbehälter aus einem geschlossenen Befüllsystem

##### **Abmung freiwerdender Gefahrstoffe an der Austritts- oder Entstehungsstelle**

Ist durch das Verfahren nicht sicher auszuschließen, dass Gefahrstoffe freigesetzt werden und Beschäftigte gefährdet werden können, müssen die Gefahrstoffe an ihrer Austritts- oder Entstehungsstelle erfasst (z. B. abgesaugt) und gefahrlos für Mensch und Umwelt fortgeleitet werden.

Hinsichtlich der Art und insbesondere ihres Erfassungsgrades unterscheidet die Lüftungstechnik drei grundsätzliche Erfassungstechniken:

### Geschlossenes Erfassungssystem

In der geschlossenen Erfassungseinrichtung können die Konzentrationen der freigesetzten Gefahrstoffe durch die Absaugung minimiert werden. Gleichzeitig wird dadurch das Entstehen einer explosionsgefährlichen Atmosphäre vermieden.

### Halboffenes Erfassungssystem

Die Emissionsquelle an der Anlage ist bis auf unbedingt notwendige Bedienungsöffnungen gekapselt. An der halboffenen Kapselung (Erfassung) ist die Absaugung angeschlossen (Abb. 9 und 10).



Abb. 9: Wandabsaugung

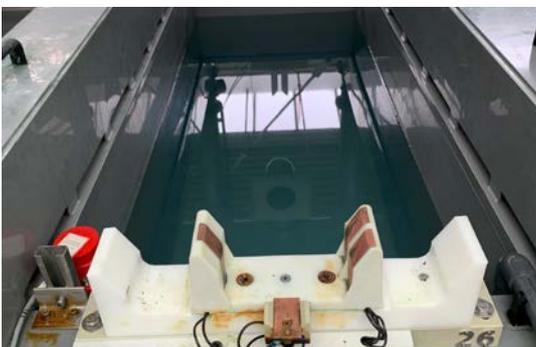


Abb. 10: Beidseitige Randabsaugung

### Offenes Erfassungssystem

Die Emissionsquelle ist nicht umschlossen. Die Erfassung der Gefahrstoffe mittels Saugtrichter, -rüssel o. ä. kann zwar auch zu guten Ergebnissen führen, jedoch ist es oft aus technischen Gründen unmöglich, nahe genug an die Emissionsquelle heranzukommen, oder die Erfassung wird nicht optimal nachgeführt (die Maßnahme wirkt nicht zwangsläufig, Abb. 11).

Je nach Grad der Gefährdung und der Art des Arbeitsverfahrens können Kombinationen der zuvor aufgeführten Erfassungstechniken zielführender sein.



Abb. 11: Offene Erfassung bei Vor- und Nachbehandlungsprozessen (z. B. beim Schleifen)

### Kombination von Erfassungssystemen:

Die Abb. 12 zeigt eine Kombination von Erfassungsarten mit eingehaustem Transportwagen und beidseitiger Randabsaugung.

Durch die zum Teil hohen Temperaturen in den Prozessbehältern, kommt es zu starken Verdunstungen beim Herausheben der Warenträger bzw. Trommeln aus den Prozessbehältern. Durch den eingehausten Transportwagen werden die freigesetzten Gefahrstoffe sicher erfasst und über eine Abluftanlage fortgeleitet.

Die beidseitige Randabsaugung dient dazu, die an der Oberfläche des Prozessbades freigesetzten Gefahrstoffe zu erfassen und über ein Abluftsystem fortzuleiten.



Abb. 12: Automatische Anlage mit Lüftungskabine am Transportwagen und beidseitige Randabsaugung

### Lüftungsmaßnahmen im Raum

Hierunter versteht man Maßnahmen, die, bezogen auf den Raum, für den notwendigen Luftaustausch (Frischluftezufuhr bzw. Wärmeabfuhr) sorgen. Die einfachste Art der Raumlüftung ist die Fensterlüftung. Jedoch hat gerade in den Wintermonaten jeder bestimmt schon feststellen müssen, dass damit nur ein vorübergehender Lüftungseffekt erzielt wird.

Die technische Lüftung muss zum einen dafür sorgen, dass ein Ausgleich der Luftbilanzen im Raum erfolgt, zum anderen ist ausreichend Frischluft zuzuführen. Die Absaugung an Anlagen und Arbeitsplätzen sowie die Raumbelüftung sind aufeinander abzustimmen.

Wichtig ist darüber hinaus auch, dass eine Luftströmung im Raum erzeugt wird, die dafür sorgt, dass die Gefahrstoffemissionen nicht durch den Atembereich der Beschäftigten, sondern von ihnen weggeleitet werden.

Grundlage für die Auslegung und Planung von Lüftungstechnischen Anlagen sind die Luftströme, die zur Gefahrstofferrfassung (Erfassungsluftstrom) und zur Raumlüftung (Außen- und Umluftströme) benötigt werden. Sie sind entsprechend den jeweils zu erwartenden Stoff- und Wärmelasten zu bemessen.

Weitere wichtige Orientierungshilfen für die Planung lufttechnischer Anlagen sind enthalten in der DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“, im ZVO-Leitfaden zur Auslegung von Abluftanlagen an Galvanikanlagen sowie im VDI 2262 Blatt 4 „Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz – Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe – Erfassen luftfremder Stoffe“. Der Leitfaden kann kostenpflichtig bestellt werden beim ZVO e. V.: [www.zvo.org](http://www.zvo.org), E-Mail: [service@zvo.org](mailto:service@zvo.org)

## 7.4 Organisatorische Schutzmaßnahmen

### 7.4.1 Kennzeichnung von Prozessbehältern

Nach der Gefahrstoffverordnung ist sicherzustellen, dass die Behälter der Elektrolyte entsprechend den enthaltenen Gefahrstoffen eindeutig gekennzeichnet sind, damit die daraus folgenden Gefährdungen ersichtlich sind. Dabei sollten die Elektrolyttemperatur und der pH-Wert mit aufgenommen werden, wenn hierdurch zusätzliche Gefährdungen entstehen. Da es beim Hart- und Glanzverchromen gelegentlich zu Verpuffungen kommen kann, sollten diese Prozessbehälter zusätzlich mit dem Hinweis „Verpuffungsgefahr durch Wasserstoffentwicklung“ gekennzeichnet werden. Im Anhang 4 sind Beispiele für die Kennzeichnung von Prozessbehältern abgebildet.

### 7.4.2 Beschäftigungsverbote und -beschränkungen

Zum Schutz bestimmter Personengruppen, wie Jugendliche sowie werdende und stillende Mütter, gelten besondere Beschäftigungsbeschränkungen. Diese sind im Mutterschutzgesetz und Jugendarbeitsschutzgesetz zu finden. So dürfen Jugendliche nicht mit Arbeiten betraut werden, bei denen sie schädlichen Einwirkungen von Gefahrstoffen im Sinne der Gefahrstoffverordnung ausgesetzt werden.

Dies gilt nicht für die Beschäftigung Jugendlicher, soweit dies zur Erreichung ihres Ausbildungszieles erforderlich ist, ihr Schutz durch die Aufsicht eines Fachkundigen gewährleistet ist und der Arbeitsplatzgrenzwert in der Luft am Arbeitsplatz bei gefährlichen Stoffen unterschritten wird. Außerdem dürfen werdende Mütter gegenüber krebserzeugenden oder keimzellmutagenen Gefahrstoffen der Kategorie 1A oder 1B sowie reproduktionstoxischen Gefahrstoffen der Kategorie 1A, 1B oder 2 nicht exponiert werden.

### 7.4.3 Erste Hilfe

Trotz aller Schutzmaßnahmen sind Unfälle bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen nie völlig auszuschließen. Der Betrieb muss sich daher auf dieses unerwünschte Ereignis bestmöglich einrichten.

Die Wirksamkeit einer „Ersten Hilfe“ ist wesentlich bestimmt von einem reibungslosen Funktionieren der Erste-Hilfe-Organisation, d. h. der sogenannten Rettungskette im Betrieb.

Abgestimmt auf das bei Tätigkeiten mit einem Gefahrstoff mögliche Unfallrisiko sind entsprechende materielle und personelle Voraussetzungen zu schaffen.

Die Unternehmen haben u. a. dafür zu sorgen, dass die erforderlichen Maßnahmen, d. h. Erste-Hilfe-Material und -Einrichtungen, Rettungsgeräte, Meldeeinrichtungen und eine ausreichende Anzahl an betrieblichen Ersthelfenden zur Verfügung stehen. Des Weiteren muss sichergestellt werden, dass nach einem Unfall sofortige Erste Hilfe geleistet und eine erforderliche ärztliche Versorgung veranlasst wird.

Konkrete Hinweise zur Ersten Hilfe sind den Sicherheitsdatenblättern sowie u. a. den folgenden Informationsschriften zu entnehmen:

- DGUV Information 204-022 „Erste Hilfe im Betrieb“
- DGUV Information 204-007 „Handbuch zur Ersten Hilfe“

Soweit bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen damit zu rechnen ist, dass bei Unfällen Maßnahmen erforderlich werden, die nicht Gegenstand der Ersthelfer-Ausbildung nach den Vorgaben der DGUV Vorschrift 1 sind, muss der Unternehmer oder die Unternehmerin aufgrund der Gefährdungsbeurteilung für die erforderliche zusätzliche Aus- und Fortbildung sorgen (erweiterte Erste Hilfe) und ggf. zusätzliche Mittel und Einrichtungen vorhalten.

Für die Arbeitsbereiche in der Galvanotechnik und in den Laboratorien ist die Installation leicht und schnell erreichbarer Notduschen bzw. Augenduschen (Abb. 13) erforderlich, da hier durch möglicherweise verspritzende oder



Abb. 13: Kombinierte Not- und Augendusche in einem Arbeitsbereich mit Verätzungsgefahr

auslaufende ätzende Stoffe Haut und Augen geschädigt werden können, z. B. bei Instandhaltungen.

Bei Arbeiten in Prozessbehältern kann das Bereithalten besonderer Rettungsgeräte, z. B. Atemschutz, Sicherheits- und Rettungsgeschirre, erforderlich werden.

Die Festlegungen zur Ersten Hilfe müssen auch in die Betriebsanweisung aufgenommen werden.

## 7.5 Persönliche Schutzausrüstung und Hygiene

Nicht immer ist durch technische Schutzmaßnahmen allein ein ausreichender Schutz der Beschäftigten zu erreichen. In der betrieblichen Praxis ist dies besonders bei Instandhaltungs- und Reinigungsarbeiten der Fall. Den Beschäftigten muss bei unzureichender Wirksamkeit technischer und organisatorischer Maßnahmen entsprechende Persönliche Schutzausrüstung (PSA) zur Verfügung gestellt werden.

Insbesondere kommen in Betracht:

- Augen- und Gesichtsschutz
- Atemschutzgeräte
- Schutzkleidung
- Schutzhandschuhe
- Fußschutz

Die Wirksamkeit einer PSA ist entscheidend abhängig von:

- der Eignung der PSA (auf die Tätigkeit, den Gefahrstoff abgestimmt)
- der richtigen Anwendung der PSA
- dem funktionssicheren Zustand der PSA
- den Trageeigenschaften der PSA
- der Akzeptanz durch die Beschäftigten
- dem sicherheitsbewussten Verhalten der Beschäftigten (wird die PSA auch getragen?)

Es darf nur für den jeweiligen Einsatzzweck geeignete PSA verwendet werden, die den Anforderungen im Produktsicherheitsgesetz als auch im PSA-Durchführungsgesetz (PSA-DG) gerecht wird.

Die Auswahl geeigneter PSA liegt im Verantwortungsbereich der Vorgesetzten, die sich natürlich durch die betriebliche Sicherheitsfachkraft, den Betriebsarzt oder die Betriebsärztin und nicht zuletzt durch die Berufsgenossenschaft beraten lassen können. Um die Akzeptanz bei den Mitarbeitern zu erhöhen, sollten diese auch bei der Auswahl beteiligt werden.

Die Wahl geeigneter PSA ist u. a. abhängig von:

- dem zu schützenden Körperteil
- den Gefahrstoffeigenschaften und -wirkungen
- der Art der Tätigkeit mit dem Gefahrstoff
- den auftretenden Gefahrstoffkonzentrationen

- den Umgebungsbedingungen (Sauerstoffgehalt, Klima, Hitze etc.)
- der Eignung der Beschäftigten

Wertvolle Hinweise und Auswahlkriterien geben hier u. a. die „DGUV Regeln zum Einsatz Persönlicher Schutzausrüstung“:

- DGUV Regel 112-189  
„Benutzung von Schutzkleidung“
- DGUV Regel 112-190  
„Benutzung von Atemschutzgeräten“
- DGUV Regel 112-191  
„Benutzung von Fuß- und Knieschutz“
- DGUV Regel 112-192  
„Benutzung von Augen- und Gesichtsschutz“
- DGUV Regel 112-195  
„Benutzung von Schutzhandschuhen“

Die häufigste dermale Kontaktmöglichkeit zu Gefahrstoffen erfolgt in der Regel über die Hände.

Kann ein Hautkontakt verfahrensbedingt nicht ausgeschlossen werden, wie z. B. beim Arbeiten an handbeschickten Elektrolyten, müssen den betroffenen Beschäftigten geeignete Schutzhandschuhe zur Verfügung stehen und diese müssen von ihnen getragen werden. Hilfe bei der Auswahl der geeigneten Schutzhandschuhe bietet u. a. die DGUV Information 212-007 „Chemikalienschutzhandschuhe“.

### Was heißt nun geeignet?

Wichtig ist zunächst einmal, dass das Handschuhmaterial gegen den Gefahrstoff, gegen den es schützen soll, ausreichend beständig und undurchlässig ist.

Schutzhandschuhe aus Gummi bieten im Allgemeinen einen guten Schutz gegen ätzende Säuren und Laugen (Abb. 14).



Abb. 14: Tragen von Schutzhandschuhen beim manuellen „Nachschärfen“

Generell müssen Schutzhandschuhe gegen chemische Gefahren neben dem CE-Kennzeichen (Conformité Européenne, französisch für „Europäische Konformität“) mit dem entsprechenden Piktogramm „Chemische Gefahren“ gekennzeichnet sein (Abb. 15).

ISO 374-1/Typ A



AFKLMN

Abb. 15: Piktogramm „Chemische Gefahren“ (Quelle: DIN EN ISO 374-1: 2018)

Bei der Auswahl von Schutzhandschuhen sind neben den Forderungen nach bestmöglichem Schutz auch Fragen bezüglich des Tragekomforts, des Tastgefühls und des Greifvermögens abzuklären. Die Akzeptanz der Beschäftigten, den Schutzhandschuh zu tragen, wird von diesen Faktoren wesentlich beeinflusst. Beim Tragen von Schutzhandschuhen reagiert die Haut bei anschließender Hautreinigung empfindlicher gegenüber den Inhaltsstoffen von Hautreinigungsmitteln, so dass die Hautbarriere geschädigt werden kann.

Tätigkeiten, bei denen Beschäftigte über einen erheblichen Anteil ihrer Arbeitszeit flüssigkeitsdichte Schutzhandschuhe tragen und häufig oder intensiv ihre Hände reinigen, sind als Feuchtarbeit anzusehen. Bei Feuchtarbeit von regelmäßig vier Stunden oder mehr je Tag ist eine Pflichtvorsorge nach ArbMedVV zu veranlassen, bei Feuchtarbeit von regelmäßig mehr als zwei Stunden je Tag Angebotsvorsorge.

## 7.6 Betriebsanweisungen/Unterweisungen

Für Tätigkeiten mit den in Galvaniken eingesetzten Gefahrstoffen müssen arbeitsplatz- und tätigkeitsbezogene Betriebsanweisungen erstellt und im Betrieb bekannt gemacht werden.

Für einige häufig angewandte Oberflächenbehandlungsverfahren sowie für einige allgemeine Arbeitsvorgänge wurden Beispiel-Betriebsanweisungen erarbeitet (siehe Anhang 5). Diese Beispiel-Betriebsanweisungen können im Betrieb direkt verwendet werden, wobei betriebsspezifische Daten (u. a. Stand, Verantwortliche, genaue Bezeichnung der Persönlichen Schutzausrüstung, Standort der Feuerlöscher, Notruf, Arzt/Ärztin, Ersthelfende, genaue Hinweise zur Entsorgung, Unterschrift) zu ergänzen sind. Werden zusätzliche gefähr-

liche Stoffe in den jeweiligen Elektrolyten eingesetzt, sind diese unter dem Abschnitt Gefahrstoffbezeichnung einzutragen.

Ergänzungen sind auch dann erforderlich, wenn die Arbeitsverfahren von den in den Beispiel-Betriebsanweisungen beschrieben, abweichen.

Hinweise zu stoffbezogenen Sicherheitsinformationen, insbesondere was die Eignung und den Einsatz von Persönlicher Schutzausrüstung (PSA) angeht, können den Sicherheitsdatenblättern der Hersteller bzw. Lieferanten entnommen werden.

Beispiel-Betriebsanweisungen für die Galvanotechnik und das Eloxieren sowie die Broschüre

„Betriebsanweisungen für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“ (MB029) finden Sie als praktische Unterstützung im Medienangebot der BG ETEM unter <https://medien.bgetem.de>.

Anhand der Betriebsanweisung müssen die jährlich notwendigen Unterweisungen der Beschäftigten durchgeführt werden. Die Unterweisungen sind schriftlich zu dokumentieren und von den unterwiesenen Beschäftigten durch Unterschrift zu bestätigen.

Der Unternehmer oder die Unternehmerin hat weiterhin sicherzustellen, dass für alle Beschäftigten, die Tätigkeiten mit Gefahrstoffen durchführen, eine allgemeine arbeitsmedizinisch-toxikologische Beratung durchgeführt wird. Diese Beratung soll im Rahmen der Unterweisung erfolgen. Dabei sind die Beschäftigten über Pflicht-, Angebots- und Wunschvorsorge nach der ArbMedVV zu unterrichten sowie auf besondere Gesundheitsgefahren bei Tätigkeiten mit bestimmten Gefahrstoffen hinzuweisen.

## 7.7 Weitere Maßnahmen

### 7.7.1 Arbeitsmedizinische Vorsorge

Für Tätigkeiten mit bestimmten Gefahrstoffen hat der Unternehmer oder die Unternehmerin zusätzlich arbeitsmedizinische Vorsorge zu veranlassen bzw. anzubieten, wenn ein Vorsorgeanlass nach der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) besteht.

Die arbeitsmedizinische Vorsorge erfolgt entsprechend dem Zeitpunkt der Durchführung als

- 1 Erstuntersuchung vor Aufnahme einer gefährdenden Tätigkeit,
- 2 Nachuntersuchungen in regelmäßigen Abständen während dieser Tätigkeit,
- 3 Nachuntersuchungen bei Beendigung dieser Tätigkeit,
- 4 Nachgehende Untersuchungen bei Tätigkeiten mit Exposition gegenüber krebserzeugenden (K) oder keimzellmutagenen (M) Stoffen der Kategorie 1A oder 1B nach Beendigung der Tätigkeiten bzw. Beschäftigung.

Die Unternehmen haben die Pflichtvorsorge für die Beschäftigten zu veranlassen. Pflichtvorsorge muss vor Aufnahme der Tätigkeit und anschließend in regelmäßigen Abständen veranlasst werden (Anhang – Teil 1 der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV)), wenn:

- der Arbeitsplatzgrenzwert für den Gefahrstoff nach der Gefahrstoffverordnung nicht eingehalten wird,

- eine wiederholte Exposition nicht ausgeschlossen werden kann und der Gefahrstoff ein krebserzeugender oder keimzellmutagener Stoff der Kategorie 1A oder 1B oder ein krebserzeugendes oder keimzellmutagenes Gemisch der Kategorie 1A oder 1B im Sinne der Gefahrstoffverordnung ist oder die Tätigkeiten mit dem Gefahrstoff als krebserzeugende Tätigkeiten oder Verfahren Kategorie 1A oder 1B im Sinne der Gefahrstoffverordnung bezeichnet werden oder
- der Gefahrstoff hautresorptiv ist und eine Gesundheitsgefährdung durch Hautkontakt nicht ausgeschlossen werden kann.

Da es sich um Tätigkeiten mit krebserzeugenden oder keimzellmutagenen Stoffen der Kategorie 1A oder 1B handelt und eine wiederholte Exposition nicht ausgeschlossen werden kann, ist beispielsweise beim Verchromen und beim Vernickeln Pflichtvorsorge zu veranlassen.

Biomonitoring ist ein Bestandteil dieser Vorsorge und kann eine wichtige Informationsquelle für die Gefährdungsbeurteilung und zur Beurteilung der Wirksamkeit vorhandener Arbeitsschutzmaßnahmen sein. Biomonitoring bedarf der Einwilligung der Beschäftigten. Die Bereitstellung von Blut oder Urin gilt als Einwilligung in die Untersuchung, eine schriftliche Zustimmung ist nicht erforderlich.

Der Unternehmer oder die Unternehmerin darf für die arbeitsmedizinische Vorsorge nur fachkundige Ärztinnen oder Ärzte beauftragen, die entweder Fachärzte für Arbeitsmedizin sind oder die Zusatzbezeichnung „Betriebsmedizin“ führen.

Die Arbeitsmedizinische Vorsorge ist in einer Bescheinigung für die Arbeitgeber und die Beschäftigten mit dem Datum der nächsten Vorsorge zu dokumentieren. Die Arbeitgeber dokumentieren in einer Vorsorgekartei, wann welche arbeitsmedizinische Vorsorge bei welchen Mitarbeitern(-innen) durchgeführt wurde. Alle Vorsorgebescheinigungen sind von den Arbeitgebern aufzubewahren und der/dem Beschäftigten ist eine Kopie ihrer/seiner Vorsorgebescheinigung(en) auszuhändigen, wenn sie/er den Betrieb verlässt.

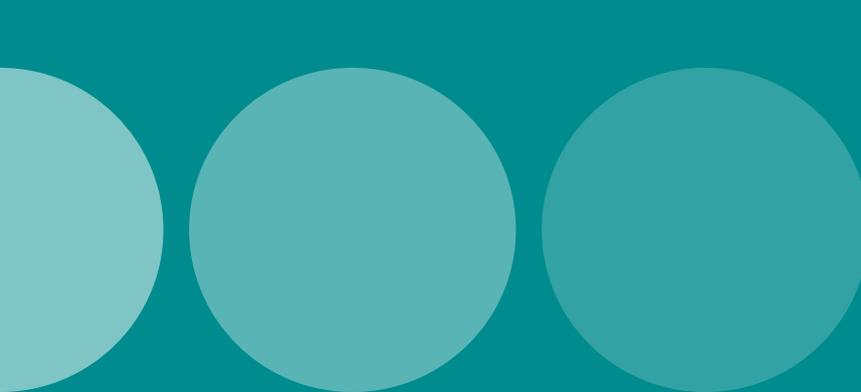
## 7.7.2 Expositionsverzeichnis

Bei den zuvor beschriebenen Tätigkeiten kann sich durch die Freisetzung krebserzeugender oder keimzellmutagener Gefahrstoffe der Kategorie 1A oder 1B eine Gefährdung der Gesundheit der Beschäftigten ergeben (siehe GefStoffV und TRGS 410). Deshalb haben Unternehmerinnen und Unternehmer nach GefStoffV die Verpflichtung zur Führung eines aktualisierten Verzeichnisses exponierter Beschäftigter. Dieses Verzeichnis muss die personenbezogenen Tätigkeiten sowie Angaben zur Höhe und Dauer der Exposition gegenüber krebserzeugenden oder keimzellmutagenen Gefahrstoffen der Kategorie 1A oder 1B enthalten.

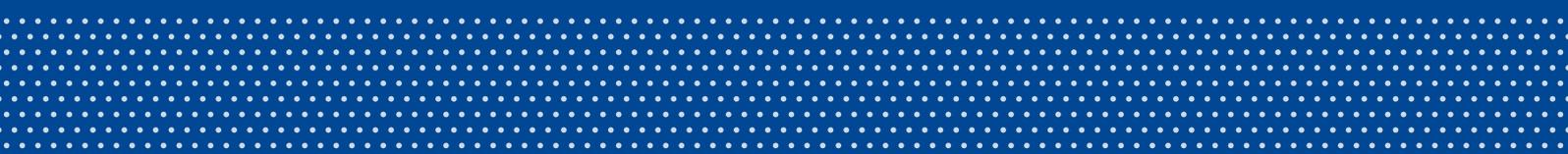
Die BG ETEM hat ein Beispiel-Verzeichnis als Hilfestellung zur Beurteilung der Exposition für verschiedene Tätigkeiten in der Galvanotechnik zusammengestellt (siehe Anhang 6). In der Praxis ist die Dauer der Exposition an verschiedenen Arbeitsplätzen individuell unterschiedlich. Die Informationen können im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung und Dokumentation genutzt werden, wenn keine eigenen Ergebnisse aus Arbeitsplatzmessungen zur Verfügung stehen.

Das Expositionsverzeichnis ist 40 Jahre nach Ende der Exposition aufzubewahren. Werden Beschäftigungsverhältnisse beendet, ist den Beschäftigten ein Auszug mit den sie betreffenden Angaben auszuhändigen.

Diese Aufbewahrungs- und Aushändigungs-pflicht kann nach Einwilligung der betroffenen Beschäftigten auch von der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) übernommen werden. Dafür wurde die Datenbank zur zentralen Erfassung gegenüber krebserzeugenden Stoffen exponierter Beschäftigter – Zentrale Expositionsdatenbank (ZED) beim Institut für Arbeitsschutz der DGUV eingerichtet. Auf Anforderung können die Beschäftigten ihre in der ZED hinterlegten Daten selbst anfordern.



# Anhang

- Anhang 1.1 Gefahrstoffverzeichnis –  
Verfahren/Elektrolyte
  - Anhang 1.2 Gefahrstoffverzeichnis –  
Gefahrstofflager
  - Anhang 2 Gefährdungsbeurteilung  
Hartverchromen
  - Anhang 3 Muster-Explosionsschutz-  
Dokument
  - Anhang 4 Beispiele Prozessbehälter –  
Kennzeichnungen für Elektrolyte
  - Anhang 5 Beispiel-Betriebsanweisungen
  - Anhang 6 Beispiel-Verzeichnis der  
Beschäftigten für Tätigkeiten mit  
KM-Stoffen der Kategorie 1A oder  
1B in der Galvanotechnik
  - Anhang 7 Weiterführende Literatur
- 

# Anhang 1.1: Gefahrstoffverzeichnis – Verfahren/Elektrolyte

Verfahren/Elektrolyte		Grundlagen zur Gefährdungsermittlung und -beurteilung Gefahrstoffverzeichnis für Verfahren/Elektrolyte		Stand: _____ Bearbeiter/in: _____	Blatt 1 von 10
Verfahren/Elektrolyte	Gefahrstoff	Einstufung oder gefährliche Eigenschaften	WGK	Mengenbereiche im Betrieb (Elektrolytinhalt/Füllmenge)	Bemerkungen
Hartverchromen (Chromelektrolyt) pH < 1 Temp.: 55 bis 60 °C	Chromtrioxid in wässriger Lösung			Elektrolytinhalt: _____ l Chromtrioxid: 240–280 g/l	ACHTUNG: Verpuffungsgefahr durch Wasserstoff- entwicklung!  Absaugung erforderlich
Glanzverchromen (Chromelektrolyt) pH < 1 Temp.: 38 °C	Schwefelsäure			Schwefelsäure: 3–6 g/l	Absaugung erforderlich
Glanzverchromen (Chromelektrolyt) pH < 1 Temp.: 38 °C	Chromtrioxid in wässriger Lösung			Elektrolytinhalt: _____ l Chromtrioxid: 250–320 g/l	ACHTUNG: Verpuffungsgefahr durch Wasserstoff- entwicklung!  Absaugung erforderlich
Schwarzchrom (Chromelektrolyt) pH ca. 1 Temp.: 18 °C	Schwefelsäure			Schwefelsäure: 3–8 g/l	Absaugung erforderlich
Vernickeln Glanznickel/Halbglanz- nickel (Nickelelektrolyt) pH 3,8 bis 4,8 Temp.: 60 bis 65 °C	Chromtrioxid in wässriger Lösung			Elektrolytinhalt: _____ l Chromtrioxid: 360 g/l	Absaugung erforderlich
	Nickelchlorid			Elektrolytinhalt: _____ l Nickelchlorid: 60 g/l	Absaugung erforderlich bei luft- bewegten Elektrolyten; ansonsten Einzelfallprüfung
	Nickelsulfat			Nickelsulfat: 240 g/l	
	Borsäure			Borsäure: 30–40 g/l	
	Salzsäure			Salzsäure: 50–500 mg/l	
	Schwefelsäure			Schwefelsäure: 50–500 mg/l	
	Nickel (metallisch) als Pellets, Platten, Rounds etc.			Nickelanode _____kg (max.)	

Verfahren/Elektrolyte		Grundlagen zur Gefährdungsermittlung und -beurteilung Gefahrstoffverzeichnis für Verfahren/Elektrolyte			Stand: _____ Bearbeiter/in: _____	Blatt 2 von 10
Verfahren/Elektrolyte	Gefahrstoff	Einstufung oder gefährliche Eigenschaften	WGK	Mengenbereiche im Betrieb (Elektrolytinhalt/Füllmenge)	Bemerkungen	
Nickelstrike-Elektrolyt (Nickelaktivierung) -salzsauer pH < 1 Temp.: 20 °C	Nickelchlorid  Salzsäure			Elektrolytinhalt: _____ l Nickelchlorid: 60 g/l  Salzsäure (37 %ig): 200–250 ml/l	Absaugung erforderlich  ACHTUNG: Verpuffungsgefahr durch Wasserstoffentwicklung!	
Nickelstrike-Elektrolyt (Nickelaktivierung) -schwefelsauer pH < 1 Temp.: 20 °C	Nickelsulfat  Schwefelsäure  Borsäure			Elektrolytinhalt: _____ l Nickelsulfat: 250 g/l  Schwefelsäure: 50–55 g/l  Borsäure: 10 g/l	Absaugung erforderlich  ACHTUNG: Verpuffungsgefahr durch Wasserstoffentwicklung!	
Vernickeln (Nickelsulfamat-Elektrolyt) pH ca. 4 Temp.: 60 °C	Nickelsulfamat  Salzsäure  Borsäure			Elektrolytinhalt: _____ l Nickelsulfamat: 550 ml/l  Salzsäure: 50–500 mg/l  Borsäure: 30 g/l	Absaugung erforderlich bei luftbewegten Elektrolyten; ansonsten Einzelfallprüfung	
Vernickeln (Nickelelektrolyt) -chemisch pH ca. 5 Temp.: 95 °C	Nickelsulfat  Natriumhypophosphit  Ammoniaklösung			Elektrolytinhalt: _____ l Nickelsulfat: 20–25 g/l  Natriumhypophosphit: 30 g/l  Ammoniakzugabe bis pH 5 oder Kaliumcarbonat	Absaugung erforderlich  ACHTUNG: Verpuffungsgefahr durch Wasserstoffentwicklung!	
Verkupfern (Kupferelektrolyt) -cyanidisch pH ca. 12 Temp.: 35 bis 45 °C	Cyanide in wässriger Lösung (Kupfercyanid)  Kaliumhydroxid oder Natriumhydroxid			Elektrolytinhalt: _____ l freie Cyanide: bis 40 g/l  Kaliumhydroxid: bis 20 g/l Natriumhydroxid: bis 20 g/l	Absaugung erforderlich	

Verfahren/Elektrolyte		Grundlagen zur Gefährdungsermittlung und -beurteilung		Stand: _____ Bearbeiter/in: _____		Blatt 3 von 10	
Verfahren/Elektrolyte	Gefahrstoff	Einstufung oder gefährliche Eigenschaften	WGK	Mengenbereiche im Betrieb (Elektrolytinhalt/Füllmenge)	Bemerkungen		
Verkupfern (Kupferelektrolyt) -sauer- pH < 1 Temp.: 20 °C	Kupfersulfat			Elektrolytinhalt: _____ l Kupfersulfat: 200–250 g/l  Schwefelsäure: 50–60 g/l	Absaugung erforderlich, bei luftbewegten Elektrolyten		
Verkupfern (Kupferelektrolyt) -chemisch- pH 12,5 bis 13 Temp.: 20 bis 40 °C	Kupfersulfat  Kupferchlorid			Elektrolytinhalt: _____ l Kupfersulfat: bis 25 g/l  oder Kupferchlorid: ca. 12 g/l  Natriumhydroxid: 5–10 g/l  Formaldehyd: 3 g/l	Absaugung erforderlich		
Vergoldung (Vergoldungselektrolyt) -schwach sauer- pH 3 bis 5 Temp.: 30 °C	Kaliumgoldcyanid  Ameisensäure			Elektrolytinhalt: _____ l Kaliumgoldcyanid: 18 g/l  Ameisensäure: bis 5 g/l	Absaugung erforderlich		
Vergoldung (Vergoldungselektrolyt) -stark sauer- pH < 0,5 Temp.: 20 °C	Kaliumgoldcyanid  Schwefelsäure  Phosphorsäure			Elektrolytinhalt: _____ l Kaliumgoldcyanid: 3 g/l  Schwefelsäure: 100 g/l  Phosphorsäure: 30 g/l	Absaugung erforderlich		
Vergoldung (Vergoldungselektrolyt) -cyanidisch- pH 9 bis 13 Temp.: 50 bis 70 °C	Cyanide in wässriger Lösung (Kaliumcyanid)  Kaliumgoldcyanid			Elektrolytinhalt: _____ l freies Cyanid: 50 g/l  Kaliumgoldcyanid: 1,5 bis 15 g/l	Absaugung erforderlich		

Verfahren/Elektrolyte		Grundlagen zur Gefährdungsermittlung und -beurteilung		Stand: _____ Bearbeiter/in: _____		Blatt 4 von 10	
Verfahren/Elektrolyte	Gefahrstoff	Einstufung oder gefährliche Eigenschaften	WGK	Mengenbereiche im Betrieb (Elektrolytinhalt/Füllmenge)	Bemerkungen		
Versilbern (Silberelektrolyt) -Vorsilber- pH ca. 12 Temp.: 20 °C	Silbercyanid  Kaliumcyanid			Elektrolytinhalt: _____ l Silbercyanid: 4-8 g/l  Kaliumcyanid: 120 bis 180 g/l	Absaugung erforderlich		
Versilbern (Silberelektrolyt) -Hauptsilber- pH ca. 12 Temp.: 20 °C	Silbercyanid  Kaliumcyanid			Elektrolytinhalt: _____ l Silbercyanid: 60 g/l  Kaliumcyanid: 125 g/l	Absaugung erforderlich		
Chromatieren (Chromatierelektrolyt) -gelb- pH 1,8 bis 2,3 Temp.: 20 °C	Chromtrioxid in wässriger Lösung  Schwefelsäure			Elektrolytinhalt: _____ l Chromtrioxid: 1 bis 3 g/l  Schwefelsäure: bis 3 g/l			
Chromatieren (Chromatierelektrolyt) -oliv- pH ca. 3,5 Temp.: 20 °C	Chromtrioxid in wässriger Lösung  Schwefelsäure  Phosphorsäure			Elektrolytinhalt: _____ l Chromtrioxid: 24 g/l  Schwefelsäure: 3 g/l  Phosphorsäure: 3 g/l			
Chromatieren (Chromatierelektrolyt) -schwarz- pH ca. 3,5 Temp.: 20 °C	Chromtrioxid in wässriger Lösung  Salpetersäure, verdünnt			Elektrolytinhalt: _____ l Chromtrioxid bis 30 g/l  Salpetersäure: 3 g/l			
Chromatieren (Chromatierelektrolyt) -blau- pH ca. 2 Temp.: 20 °C	Chromtrioxid in wässriger Lösung			Elektrolytinhalt: _____ l Chromtrioxid: bis 30 g/l			

Verfahren/Elektrolyte		Grundlagen zur Gefährdungsermittlung und -beurteilung Gefahrstoffverzeichnis für Verfahren/Elektrolyte			Stand: _____ Bearbeiter/in: _____	Blatt 5 von 10
Verfahren/Elektrolyte	Gefahrstoff	Einstufung oder gefährliche Eigenschaften	WGK	Mengenbereiche im Betrieb (Elektrolytinhalt/Füllmenge)	Bemerkungen	
Passivieren -gelb- pH ca. 2 Temp.: 20 °C	Chrom (II)-Verbindungen Chromsulfat in wässriger Lösung ggf. mit Cobaltsulfat <i>Farbstoffzusätze sind gesondert zu beurteilen.</i>			Elektrolytinhalt: _____ l Chromsulfat: 50 g/l  Cobaltsulfat: 5–10 g/l		
Passivieren -blau- pH ca. 2 Temp.: 20 °C	Chrom (III)-Verbindungen Chromsulfat in wässriger Lösung ggf. mit Cobaltsulfat			Elektrolytinhalt: _____ l Chromsulfat: 100 g/l  Cobaltsulfat: 5–10 g/l		
Verzinken (Zinkelektrolyt) -sauer- pH 5,3 bis 5,8 Temp.: 20 bis 35 °C	Zinkchlorid  Borsäure  Glanzzusätze: Benzaldehyd Kaliumchlorid			Elektrolytinhalt: _____ l Zinkchlorid: 60-70 g/l  Borsäure: 20 g/l  Benzaldehyd: bis 5 g/l  Kaliumchlorid: bis 180 g/l	Absaugung empfohlen	
Verzinken (Zinkelektrolyt) -cyanidisch- pH ca. 14 Temp.: 20 °C	Zinkoxid  Kaliumcyanid  Natriumhydroxid			Elektrolytinhalt: _____ l Zinkoxid: 8–13 g/l  Kaliumcyanid: 65 g/l  Natriumhydroxid: 70–75 g/l	Absaugung erforderlich	
Verzinken (Zinkelektrolyt) -alkalisch- pH ca. 14 Temp.: 20 °C	Zinkoxid  Natriumhydroxid			Elektrolytinhalt: _____ l Zinkoxid: bis 19 g/l  Natriumhydroxid: 100 g/l	Absaugung erforderlich  ACHTUNG: Verpuffungsgefahr in der Absaugeinrichtung	

Verfahren/Elektrolyte		Grundlagen zur Gefährdungsermittlung und -beurteilung Gefahrstoffverzeichnis für Verfahren/Elektrolyte			Stand: _____ Bearbeiter/in: _____	Blatt 6 von 10
Verfahren/Elektrolyte	Gefahrstoff	Einstufung oder gefährliche Eigenschaften	WGK	Mengenbereiche im Betrieb (Elektrolytinhalt/Füllmenge)	Bemerkungen	
Verzinken (Zink/Nickelelektrolyt) -alkalisch- pH ca. 14 Temp.: 20 °C	Zinkoxid  Nickelsulfat			Elektrolytinhalt: _____ l Zinkoxid: 8-12 g/l Nickelsulfat: 0,8-1,5 g/l Natriumhydroxid: 120-140 g/l	Absaugung erforderlich	
Eloxieren, Schwefelsäureverfahren pH < 1 Temp.: 4 bis 20 °C	Schwefelsäure			Elektrolytinhalt: _____ l Schwefelsäure: 190 g/l	Absaugung erforderlich	
Eloxieren, Oxalsäureverfahren pH ca. 1 Temp.: 20 bis 30 °C	Oxalsäure			Elektrolytinhalt: _____ l Oxalsäure: 80 g/l	Absaugung erforderlich	
Dekapieren -sauer- pH ca. 1 Temp.: 20 °C	Salzsäure			Elektrolytinhalt: _____ l Salzsäure 5%		
Dekapieren -sauer- pH ca. 1 Temp.: 20 °C	Schwefelsäure			Elektrolytinhalt: _____ l Schwefelsäure 5%		
Dekapieren -Trockensäure-	Natriumhydrogendifluorid Ammoniumhydrogendifluorid			Elektrolytinhalt: _____ l Fluoride: 30-50 g/l		
Dekapieren -alkalisch/cyanidisch- pH > 10,5 Temp.: 20 °C	Natriumcyanid/ Kaliumcyanid			Elektrolytinhalt: _____ l Freie Cyanide: 30 g/l		

Verfahren/Elektrolyte		Grundlagen zur Gefährdungsermittlung und -beurteilung		Stand: _____ Bearbeiter/in: _____		Blatt 7 von 10	
Verfahren/Elektrolyte	Gefahrstoff	Einstufung oder gefährliche Eigenschaften	WGK	Mengenbereiche im Betrieb (Elektrolytinhalt/Füllmenge)	Bemerkungen		
Beizen pH < 1 Temp.: 20 °C	Salzsäure			Elektrolytinhalt: _____ l Salzsäure: ca. 20 %	Absaugung erforderlich		
Beizen pH < 1 Temp.: 20 °C	Schwefelsäure			Elektrolytinhalt: _____ l Schwefelsäure: ca. 50 %	Absaugung erforderlich		
Glänzen pH < 1 Temp.: 20 °C	Flusssäure			Elektrolytinhalt: _____ l Flusssäure: ca. 12-14 g/l	Absaugung erforderlich		
	Salpetersäure			Salpetersäure: ca. 13 %			
	ggf. Ammoniumhydrogen- difluorid			Ammoniumhydrogen- difluorid: ca. 16 %			
Elektrolytisches Glänzen (Polieren) pH < 1 Temp.: 60 °C	Phosphorsäure			Elektrolytinhalt: _____ l Phosphorsäure: 40 %	Absaugung nach Einzelfallprüfung		
	Schwefelsäure			Schwefelsäure: 30 %			
Alkalischer Reiniger -Abkochenfettung/ Heißfettung- pH 13 bis 14 Temp.: bis 80 °C	Natriumhydroxid			Elektrolytinhalt: _____ l Natriumhydroxid: 25–50 g/l	Absaugung erforderlich		
Neutrale Reiniger -Abkochenfettung- pH 7 bis 9 Temp.: 60 °C	Waschaktive Substanzen:			Elektrolytinhalt: _____ l Waschaktive Substanzen: _____ < 30 g/l			
Saure Reiniger pH ca. 2 Temp.: bis 40 °C	Phosphorsäure			Phosphorsäure: 50 g/l			

Verfahren/Elektrolyte		Grundlagen zur Gefährdungsermittlung und -beurteilung		Stand: _____ Bearbeiter/in: _____		Blatt 8 von 10	
Verfahren/Elektrolyte	Gefahrstoff	Einstufung oder gefährliche Eigenschaften	WGK	Mengenbereiche im Betrieb (Elektrolytinhalt/Füllmenge)	Bemerkungen		
Elektrolytische Reimiger -cyanidisch- pH 13 bis 14 Temp.: bis 40 °C	Natriumcyanid  Natriumhydroxid			Elektrolytinhalt: _____ l Natriumcyanid: 15–30 g/l  Natriumhydroxid: 100–150 g/l	Absaugung erforderlich  ACHTUNG: Verpuffungsgefahr durch Wasserstoffbildung!		
Elektrolytische Reimiger -alkalisch, cyanidfrei- pH 14 Temp.: bis 40 °C	Natriumhydroxid			Natriumhydroxid: 100 g/l	Absaugung erforderlich  ACHTUNG: Verpuffungsgefahr durch Wasserstoffbildung!		
Brünieren pH 14 Temp.: > 130 °C	Natriumhydroxid  Natriumnitrit  Trinatriummonophosphat			Elektrolytinhalt: _____ l Natriumhydroxid: 350 g/l  Natriumnitrit: 100 g/l  Trinatriummonophosphat: 40 g/l	Absaugung erforderlich		
Phosphatieren pH 1 Temp.: 20 bis 50 °C	Zinkphosphat  Phosphorsäure			Elektrolytinhalt: _____ l Zinkphosphat _____  Phosphorsäure: 10–15 %	Absaugung erforderlich		
Brennen pH < 1 Temp.: 20 °C	Salpetersäure  Schwefelsäure			Elektrolytinhalt: _____ l Salpetersäure (65 %): 700–800 g/l Schwefelsäure (98 %): 900–1100 g/l	Absaugung erforderlich		
geschlossene Reinigungs- und Entfettungsanlage	Tetrachlorethen (Perchlorethylen, Per)			Füllmenge: _____ l	Genehmigungsbedürftige bzw. anzeigepflichtige Anlage nach 2. BImSchV		

Verfahren/Elektrolyte		Grundlagen zur Gefährdungsermittlung und -beurteilung		Stand: _____ Bearbeiter/in: _____	
Verfahren/Elektrolyte		Gefahrstoffverzeichniss für Verfahren/Elektrolyte		Blatt 9 von 10	
Verfahren/Elektrolyte	Gefahrstoff	Einstufung oder gefährliche Eigenschaften	WGK	Mengenbereiche im Betrieb (Elektrolytinhalt/Füllmenge)	Bemerkungen
geschlossene Reinigungs- und Entfettungsanlage -alkalisch- pH 13 bis 14 Temp.: ca. 70 °C	Natriumhydroxid			Füllmenge _____ l Natriumhydroxid: < 20 g/l	
geschlossene Reinigungs- und Entfettungsanlage -alkalisch- pH ca. 11 Temp.: ca. 70 °C	Natriumcarbonat			Füllmenge _____ l Natriumcarbonat: < 50 g/l	
geschlossene Reinigungs- und Entfettungsanlage	Kohlenwasserstoffe:	_____		Füllmenge _____ l	ACHTUNG: ggf. Explosionsschutz beachten
geschlossene Reinigungs- und Entfettungsanlage	_____	_____		Füllmenge _____ l	
Sonstige Reinigungs- und Entfettungsanlagen:					
_____					
_____					
Gleitschleifen					
Rommeln (zum Trocknen)	Hartholzstaub (z. B. Buchen- und Eichenholzstaub)			eingesetzte Menge Holzmehl _____ kg	
	Hartholzstaub (z. B. Buchen- und Eichenholzstaub)			eingesetzte Menge Holzpellets _____ kg	

Verfahren/Elektrolyte		Grundlagen zur Gefährdungsermittlung und -beurteilung			Stand: _____ Bearbeiter/in: _____		Blatt 10 von 10	
Verfahren/Elektrolyte	Gefahrstoff	Einstufung oder gefährliche Eigenschaften	WGK	Mengenbereiche im Betrieb (Elektrolytinhalt/Füllmenge)	Bemerkungen			
Entmetallisieren -chemisch- (Kupfer, Nickel, Messing, Silber, Zink von Stahl als Grundmetall) pH ca. 12 Temp.: 60 bis 80 °C	Nitrobenzolsulfonsäure (Oxidationsmittel)  Natriumcyanid			Elektrolytinhalt: _____ l Nitrobenzolsulfonsäure: < 100 g/l Natriumcyanid: 200 g/l	Absaugung erforderlich			
Entmetallisieren -chemisch- (Nickel, Zink, Zinn von Kupfer und -legierung als Grundmetall) pH < 1 Temp.: 70 bis 85 °C	Nitrobenzolsulfonsäure (Oxidationsmittel)  Schwefelsäure			Elektrolytinhalt: _____ l Nitrobenzolsulfonsäure: 100 g/l Schwefelsäure: < 200 g/l	Absaugung erforderlich			
Entmetallisieren -chemisch- (Nickel, Kupfer von Edelstahl oder Kunststoff als Grundwerkstoff) pH < 1 Temp.: 20 bis 25 °C	Salpetersäure			Elektrolytinhalt: _____ l Salpetersäure (85 %): 1200 g/l	Absaugung erforderlich			
Entmetallisieren -elektrolytisch- (Kupfer von Edelstahl als Grundmetall) pH 6 Temp.: 40 bis 60 °C	Essigsäure  Natriumnitrat  Kaliumbromid			Elektrolytinhalt: _____ l Essigsäurezugabe bis pH 6  Natriumnitrat: _____ g/l  Kaliumbromid: _____ g/l				
Entmetallisieren -sonstige-	ggf. Amine				ACHTUNG: ggf. Bildung krebserzeugender Nitrosamine			

## Anhang 1.2: Gefahrstoffverzeichnis – Gefahrstofflager

Lager	Grundlagen zur Gefährdungsermittlung und -beurteilung Gefahrstoffverzeichnis für Verfahren/Elektrolyte			Stand: _____ Bearbeiter/in: _____	Blatt 1 von 6
Gefahrstoff	Einstufung oder gefährliche Eigenschaften CLP-Verordnung	WGK	Mengenbereiche im Lager	Bemerkungen	
Ameisensäure ≤ 10 %ig					
Ammoniaklösung 16 %ig					
Ammonium- hydrogendifluorid					
Borsäure					
Calciumhydroxid					
Chromtrioxid					

Lager	Grundlagen zur Gefährdungsermittlung und -beurteilung Gefahrstoffverzeichnis für Verfahren/Elektrolyte			Stand: _____ Bearbeiter/in: _____	Blatt 2 von 6
Gefahrstoff	Einstufung oder gefährliche Eigenschaften CLP-Verordnung	WGK	Mengenbereiche im Lager	Bemerkungen	
Essigsäure < 90 %ig					
Flussäure ≥ 7 %ig					
Formaldehyd					
Glanzzusatz:					
Hartholzstaub (Holz- mehl/ Holzpellets)					
Kaliumcyanid					

Lager	Grundlagen zur Gefährdungsermittlung und -beurteilung Gefahrstoffverzeichnis für Verfahren/Elektrolyte			Stand: _____ Bearbeiter/in: _____	Blatt 3 von 6
Gefahrstoff	Einstufung oder gefährliche Eigenschaften CLP-Verordnung	WGK	Mengenbereiche im Lager	Bemerkungen	
Kaliumgoldcyanid					
Kaliumhydroxid					
Kupfercyanid					
Kupfersulfat					
Methansulfonsäure					
Natriumhydroxid (fest)					

Lager	Grundlagen zur Gefährdungsermittlung und -beurteilung Gefahrstoffverzeichnis für Verfahren/Elektrolyte				Stand: _____ Bearbeiter/in: _____	Blatt 4 von 6
Gefahrstoff	Einstufung oder gefährliche Eigenschaften CLP-Verordnung	WGK	Mengenbereiche im Lager	Bemerkungen		
Natronlauge ca. 45 %ig						
Natriumnitrit						
Natriumsulfid						
Nickel (metallisch) als Pellets, Platten, Rounds etc.						
Nickelchlorid						
Nickelsulfat						

Lager	Grundlagen zur Gefährdungsermittlung und -beurteilung Gefahrstoffverzeichnis für Verfahren/Elektrolyte				Stand: _____ Bearbeiter/in: _____	Blatt 5 von 6
Gefahrstoff	Einstufung oder gefährliche Eigenschaften CLP-Verordnung	WGK	Mengenbereiche im Lager	Bemerkungen		
Nickelsulfamat						
Oxalsäure ≥ 5 %ig						
Phosphorsäure ≥ 25 %ig						
Salpetersäure ≥ 70 %ig						
Salzsäure ≥ 25 %ig						
Schwefelsäure ≥ 15 %ig						

Lager	Grundlagen zur Gefährdungsermittlung und -beurteilung Gefahrstoffverzeichnis für Verfahren/Elektrolyte			Stand: _____ Bearbeiter/in: _____	Blatt 6 von 6
Gefahrstoff	Einstufung oder gefährliche Eigenschaften CLP-Verordnung	WGK	Mengenbereiche im Lager	Bemerkungen	
Silbercyanid					
Zinkchlorid					
Zinkoxid					
Zinn(II)-methansulfonat					
Zinnsulfat					

## Anhang 2: Gefährdungsbeurteilung Hartverchromen

Gefährdungs-  
beurteilung

# Hartverchromen

**Bitte beachten:** Die kursiv gesetzten Einträge sind Beispieltexthe, die Sie im Ergebnis ihrer Gefährdungsbeurteilung und je nach ihren betrieblichen Bedingungen anpassen bzw. ändern müssen.

Leitfaden zur Gefährdungsbeurteilung nach Gefahrstoffverordnung (S017, Kapitel 2.1)

Erstellt von: ..... Verantwortlich: .....

Datum: ..... Fachkundige Beratung: .....

**Arbeitsbereich:** Handanlage zum Hartverchromen

**Tätigkeit:** Beschickung des Chromelektrolyten

### Beschreibung der Tätigkeiten

Die zu beschichtenden Werkstücke (je nach Kundenauftrag) werden an Gestellen hängend in den Elektrolyten (Chromprozessbehälter) eingetaucht. Nach der vorgeschriebenen Verweilzeit werden die Gestelle herausgenommen und zum Spülen in die Prozessbehälter getaucht.

Der Hartchromprozessbehälter hat eine Prozessbadoberfläche von 2 m<sup>2</sup> und ist mit einer Randabsaugung versehen. Dem Elektrolyten wird ein wirksames Netzmittel zugesetzt. Eine Zuluft im Arbeitsbereich ist durch Dachöffnungen und Hallentore gegeben (natürliche Lüftung). Die Handgalvanik ist in einer Halle (Fläche: 1500 m<sup>2</sup>; Deckenhöhe: 4,50 m) untergebracht.

### Informationsermittlung

Bezeichnung	Einstufung und Kennzeichnung	Menge
Chromelektrolyt (Chromtrioxid in wässriger Lösung) Temperatur: 60 °C Schwefelsäure	H271: Oxidierende Feststoffe, Kategorie 1; H290: Korrosiv gegenüber Metallen, Kategorie 1; H301: Akute Toxizität, Kategorie 3, Verschlucken; H310: Akute Toxizität, Kategorie 2, Hautkontakt; H314: Ätzwirkung auf die Haut, Kategorie 1A; H317: Sensibilisierung der Haut, Kategorie 1; H318: Schwere Augenschädigung, Kategorie 1; H330: Akute Toxizität, Kategorie 2, Einatmen; H334: Sensibilisierung der Atemwege, Kategorie 1; H335: Spezifische Zielorgan-Toxizität (einmalige Exposition), Kategorie 3; H340: Keimzellmutagenität, Kategorie 1B; H350: Karzinogenität, Kategorie 1A; H361f: Reproduktionstoxizität, Kategorie 2; H372: Spezifische Zielorgan-Toxizität (wiederholte Exposition), Kategorie 1; H400: Gewässergefährdend, Akut Kategorie 1; H410: Gewässergefährdend, Chronisch Kategorie 1;	Prozessbehälterinhalt: 1000 Liter  Chromtrioxid: 260 g/l  Schwefelsäure: 5 g/l

Aktuelle Sicherheitsdatenblätter; Betriebliches Gefahrstoffverzeichnis; EGU-Empfehlung „Galvanotechnik und Eloxieren (DGUV Information 213-716)“; Broschüre S015 der BG ETEM; ZVO-Abfuhrleitfaden; TRGS 510 „Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern“ liegen vor und werden beachtet.

Durch die geringe Stromausbeute entsteht verfahrensbedingt starke Aerosolbildung durch Wasserstoff. Einatmen von Chrom(VI)-haltigen Aerosolen ist möglich. Eine Substitution gegen ungefährlichere Ersatzstoffe ist nicht möglich. Das Verfahren kann wegen der Vielfalt der zu beschichtenden Werkstücke nicht automatisiert werden. Ein Arbeitsplatzgrenzwert ist nicht aufgestellt (TRGS 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“). Für Gefährdungen durch krebserzeugende Gefahrstoffe beim Verchromen bildet die TRGS 561 „Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen und ihren Verbindungen“ sowie die TRGS 910 „Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen“ den aktuellen Stand der Technik ab. Für Chrom(VI)-Verbindungen ist hier der risikobezogene Beurteilungsmaßstab von  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für die einatembare Fraktion anzuwenden. Eine Sensibilisierung der Atemwege ist durch Einatmen möglich (H334).

Die Anforderungen der DGUV Information 213-716 „EGU-Empfehlung – Galvanotechnik und Eloxieren“ sind umgesetzt und damit ist der Stand der Technik erfüllt. Ein Hautkontakt ist beim Einhängen und Herausnehmen der Gestelle nicht auszuschließen. Eine Sensibilisierung durch Hautkontakt ist möglich (H317).

Für Chrom(VI)-Verbindungen gelten besondere Regelungen für Jugendliche sowie werdende und stillende Mütter auf der Basis des JugendArbSchG bzw. des MuSchG.

Aufgrund der Wasserstoffentwicklung besteht grundsätzlich Brand- und Explosionsgefahr (siehe Explosionsschutz-Dokument nach Gefahrstoffverordnung und Leitfaden der BG ETEM S018 „Leitfaden zur Erstellung des Explosionsschutzdokumentes“).

Gefährliche chemische Reaktionen von Chrom(VI)-Verbindungen mit anderen Stoffen oder den Werkstücken sind verfahrensbedingt nicht gegeben. Entsprechende persönliche Schutzausrüstung (PSA) und Hautschutzmaßnahmen sind wirksam, bislang sind keine Hauterkrankungen bekannt. Die bereitgestellten Schutzhandschuhe, Schürze, Schutzbrille, säurefester Arbeitsanzug sind geeignet und wirksam, d. h. sie werden konsequent getragen und gepflegt. Hautpflegemittel und Waschgelegenheiten werden zur Verfügung gestellt und auch benutzt. Es besteht ein dreiteiliger Hautschutzplan.

Müssen regelmäßig flüssigkeitsdichte Schutzhandschuhe täglich länger als 2 Stunden getragen werden. Eine Beurteilung der Hautgefährdung ist entsprechend der TRGS 401 erfolgt.

Im Rahmen der regelmäßigen Unterweisungen durch die Arbeitgeber erfolgt auch eine allgemeine arbeitsmedizinisch-toxikologische Beratung nach GefStoffV.

### Expositionsermittlung

Expositionsermittlung an Hand der TRGS 561 „Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen und ihren Verbindungen“ ergibt:

- Inhalative Exposition (Freisetzung von Dämpfen, Aerosolen, Gasen):

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.

Die Prozessbehälter werden überwiegend offen betrieben und sind mit einer Randabsaugung ausgestattet. Zudem sind einige Chromelektrolyte mit einer emissionsmindernden Schaumabdeckung (Netzmittel) versehen.

Beim Hartverchromen sind die Beschäftigten Chrom(VI)-Konzentrationen bis zu etwa  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (95 %-Perzentil-Wert) ausgesetzt. Ebenfalls in der Gefährdungsbeurteilung zu berücksichtigen sind die atemwegsensibilisierenden Eigenschaften von Chrom(VI)-Verbindungen (siehe TRBA/TRGS 406 „Sensibilisierende Stoffe für die Atemwege“).

- Orale Exposition:

Bei Tätigkeiten mit Chrom(VI)-Verbindungen ist zu beachten, dass nur ein Teil der Belastung der Beschäftigten durch Einatmen von krebserzeugenden Metallen verursacht wird. Insbesondere ist auch eine orale Aufnahme (z. B. durch Hand-Mund-Kontakt) möglich und ist durch Anwendung geeigneter Hygiene-Maßnahmen (siehe Nr. 3.1 der TRGS 561) zu minimieren.

- Dermale Exposition:

Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung ist auch eine dermale Gefährdung zu beurteilen (siehe TRGS 401).

Aufgrund der hautsensibilisierenden Eigenschaften sind besondere Schutzmaßnahmen bei Hautkontakt mit Chrom(VI)-Verbindungen notwendig (siehe TRGS 401 „Gefährdung durch Hautkontakt – Ermittlung, Beurteilung, Maßnahmen“).

- Brand- und Explosionsgefahren:

- Brandgefahr durch Kurzschlüsse oder Überlast durch fehlerhafte elektrische Verbindungen.
- Brand- und Explosionsgefahr aufgrund von Wasserstoffentwicklung.

**Beurteilung**

**Gefahren durch Inhalation**

Verfahrensbedingt starke Aerosolbildung durch Wasserstoff. Einatmen von Chrom(VI)-haltigen Aerosolen möglich. Das Verfahren kann wegen der Vielfalt der zu beschichtenden Werkstücke nicht automatisiert werden. Eine Einhaltung des Beurteilungsmaßstabs ist nicht in allen Fällen gewährleistet. Die Konzentration ist messtechnisch zu ermitteln (siehe TRGS 402).

Mechanische Prozessbehälterabdeckung, Randabsaugung, Netzmittel, Raumlüftung sind wirksam und stellen den Stand der Technik dar (siehe TRGS 561, DGUV Regel 109-602 sowie DGUV Information 213-716).

**Gefahren durch Hautkontakt**

Die bereitgestellte PSA (Schutzhandschuhe, Schürze, säurefester Anzug, Schutzbrille) ist geeignet und wirksam. Es besteht ein betrieblicher Hautschutzplan. Sofern Feuchtarbeit vorliegt, besteht eine Hautgefährdung (siehe TRGS 401 „Gefährdung durch Hautkontakt – Ermittlung, Beurteilung, Maßnahmen“).

**Physikalisch-chemische Gefahren**

Wegen der Wasserstoffentwicklung besteht grundsätzlich Brand- und Explosionsgefahr, siehe Explosionsschutzdokument nach Gefahrstoffverordnung unter Zuhilfenahme des Infomittels der BG ETEM S018 „Leitfaden zur Erstellung von Explosionsschutzdokumenten“.

**Schutzmaßnahmen/Wirksamkeit**

**1. Grundpflichten**

Maßnahmen/Checkpunkte	Betriebliche Umsetzung	Wirksamkeit/Prüfung
<p>Rangfolge der Schutzmaßnahmen zur Umsetzung des Minimierungsgebotes:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Substitutionsprüfung</li> <li>2. Technische Maßnahmen nach dem Stand der Technik</li> <li>3. Kollektive Schutzmaßnahmen (Arbeitsplatzabsaugung und/oder raumlüftungstechnische Maßnahmen)</li> <li>4. Organisatorische Maßnahmen</li> <li>5. Bereitstellung und Anwendung von Persönlicher Schutzausrüstung</li> </ol>	<p>Die Maßnahmen nach der DGUV Information 213-716 sowie der TRGS 561 in Verbindung mit der DGUV Regel 109-602 sind umgesetzt. Der Stand der Technik ist somit erfüllt.</p>	<p>Organisation: Unternehmen</p>
<p>Substitutionsprüfung nach GefStoffV in Verbindung mit der TRGS 600 „Substitution“.</p>	<p>Eine Substitution gegen ungefährlichere Ersatzstoffe ist nicht möglich. Das Verfahren kann wegen der Vielfalt der zu beschichtenden Werkstücke nicht automatisiert werden.</p>	<p>Organisation: Unternehmen</p>
<p>Überprüfung der Funktion und Wirksamkeit der Abluftanlage, insbesondere der Randabsaugung, wird alle drei Monate überprüft. Die Überprüfung wird dokumentiert.</p>	<p>Die Lüftungstechnischen Einrichtungen werden alle drei Monate durch eine befähigte Person überprüft. Die Überprüfung wird dokumentiert.</p> <p>Es erfolgt zudem eine arbeitstägl. Funktionskontrolle durch die Beschäftigten.</p>	<p>Vorgesetzte: Wartungsvertrag mit Fa. „Lüftung“ abgeschlossen.</p> <p>Vorgesetzte/ alle Beschäftigten</p>

## Gefahrstoffe in der Galvanotechnik und der Oberflächenveredelung

<p>Nachweis der Einhaltung der Arbeitsplatzgrenzwerte/ Beurteilungsmaßstäbe durch Arbeitsplatzmessungen oder andere geeignete Methoden zur Ermittlung der Exposition (TRGS 402).</p>	<p>Die Maßnahmen nach der DGUV Information 213-716 sowie der TRGS 561 in Verbindung mit der DGUV Regel 109-602 sind umgesetzt.</p> <p>Die Einhaltung des Beurteilungsmaßstabs für Chrom(VI)-Verbindungen bzw. der Stand der Technik wurde messtechnisch überprüft.</p>	<p>Organisation: Unternehmen</p>
<p>Verwendung bereitgestellter persönlicher Schutzausrüstung, solange eine Gefährdung besteht. Verwendung von belastender persönlicher Schutzausrüstung darf keine Dauermaßnahme sein und ist auf das unbedingt erforderliche Minimum zu beschränken. Tragezeitbegrenzungen beachten.</p>	<p>Es werden säurefeste Arbeitsschutzanzüge, Chemikalienschutzhandschuhe, Schürzen, Gummistiefel, Schutzbrillen, bei Bedarf Gesichtsschutz und bei Tätigkeiten mit festem Chromtrioxid (Ansetzen) Atemschutz (FFP2) zur Verfügung gestellt. Die PSA ist entsprechend der Betriebsanweisung anzuwenden.</p>	<p>Organisation: Unternehmen Umsetzung durch Vorgesetzte und alle Beschäftigten</p>
<p>Betriebsanweisung/Unterweisung</p>	<p>Betriebsanweisung vorhanden; Unterweisung jährlich durch Vorgesetzten.</p>	<p>Zuständig: Vorgesetzte unter Beteiligung der Betriebsärztin oder des Betriebsarztes</p>
<p>Arbeitsmedizinisch-toxikologische Beratung</p>	<p>Erfolgt im Rahmen der jährlichen Unterweisung.</p>	<p>Zuständig: Vorgesetzte unter Beteiligung der Betriebsärztin oder des Betriebsarztes</p>
<p>Arbeitsmedizinische Vorsorge im Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung und unter Berücksichtigung der ArbMedVV.</p>	<p>Arbeitsmedizinische Vorsorge ist auf Grund der Verwendung von Chrom(VI)-Verbindungen veranlasst.</p> <p>Vorsorgekartei wird geführt.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pflichtvorsorge bei Tätigkeiten mit wiederholter Exposition gegenüber Chrom(VI)-Verbindungen</li> <li>• Angebotsvorsorge bei Tätigkeiten mit Exposition gegenüber atemwegssensibilisierend wirkenden Stoffen für exponierte Beschäftigte mit bronchialer Überempfindlichkeit</li> <li>• Pflichtvorsorge (bei Feuchtarbeit bei regelmäßig &gt; 4 h je Tag)</li> <li>• Angebotsvorsorge (bei Feuchtarbeit bei regelmäßig &gt; 2 h je Tag)</li> <li>• Angebotsvorsorge bei Tätigkeiten mit Exposition gegenüber hautsensibilisierend wirkenden Stoffen</li> </ul>	<p>Organisation: Unternehmen unter Beteiligung der Betriebsärztin oder des Betriebsarztes</p>

Berücksichtigung von Betriebsstörungen, Unfällen und Notfällen.	Siehe ergänzende Gefährdungsbeurteilung für Notfallmanagement.	Organisation: Unternehmen
Beschäftigungsverbot von Minderjährigen (z. B. Ferienarbeitende, geringfügig Beschäftigte) bei Exposition gegenüber Gefahrstoffen gemäß Jugendarbeitsschutzgesetz; Ausnahme: zur Erreichung eines Ausbildungszieles (z. B. Ausbildung, Praktikum) unter Aufsicht eines Fachkundigen und bei Einhaltung des Beurteilungsmaßstabs.	Alter wird bei Einstellung durch Personalabteilung überprüft; Tätigkeitsprofil für Minderjährige durch das Unternehmen festgelegt und Vorgesetzte informiert.	Organisation: Unternehmen Umsetzung durch Vorgesetzte und alle Beschäftigten

## 2. Allgemeine Schutzmaßnahmen

Maßnahmen/Checkpunkte	Betriebliche Umsetzung	Wirksamkeit/Prüfung
<p>Arbeitsplatzgestaltung und -organisation:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutzung geeigneter Arbeitsmittel</li> <li>• Anzahl der exponierten Beschäftigten so gering wie möglich halten</li> <li>• Expositionsdauer und -höhe begrenzen</li> <li>• Hygiene</li> <li>• Begrenzung der Gefahrstoffmenge</li> <li>• Anwendung geeigneter Verfahren</li> </ul>	<p>Gefahrstoffe dürfen nur mit dafür vorgesehenen Fasspumpen um- und abgefüllt werden. Es dürfen nur geeignete und gekennzeichnete Gebinde verwendet werden.</p> <p>Unbefugten ist der Zutritt zur Galvanik untersagt.</p> <p>Hygienemaßnahmen sind festgelegt. Es stehen hygienisch einwandfreie Waschgelegenheiten sowie Hautmittel zur Verfügung.</p> <p>Verfahren und Arbeiten sind in Betriebsanweisungen beschrieben.</p>	<p>Organisation: Unternehmen Umsetzung durch Vorgesetzte und alle Beschäftigten</p>
Kennzeichnung aller Gefahrstoffgebände, Apparaturen und Rohrleitungen.	Alle betrieblichen Prozessbehälter, Elektrolyt- und sonstige Behälter sind entsprechend der Inhaltsstoffe gekennzeichnet. Festverlegte Rohrleitungen zu den Prozessbehältern sind entsprechend dem Durchflussstoff und der Flussrichtung gekennzeichnet.	Organisation: Unternehmen
Verbot von Essen, Trinken, Rauchen, keine Aufbewahrung von Lebensmitteln am Arbeitsplatz.	Essen, Trinken, Rauchen sowie Aufbewahrung von Lebensmitteln am Arbeitsplatz ist generell verboten.	Überprüfung durch die Vorgesetzten
Lagerung von Gefahrstoffen ohne Gefährdung der Gesundheit und der Umwelt (siehe TRGS 510).	Ein Gefahrstofflager entsprechend der TRGS 510 ist eingerichtet und ein(e) Lagerverantwortliche(r) ausgebildet und bestimmt. Die gelagerten Stoffe und Lagermengen werden in einem gesonderten Verzeichnis geführt.	Überprüfung durch die Vorgesetzten Organisation: Unternehmen

## Gefahrstoffe in der Galvanotechnik und der Oberflächenveredelung

Lagerung und Aufbewahrung von Gefahrstoffen nur in geeigneten Behältnissen, keine Lebensmittelbehälter verwenden.	Innerbetrieblich zu verwendende Behältnisse sind entsprechend gekennzeichnet und in ausreichender Menge bereitgestellt. Die Verwendung ist in Betriebsanweisungen geregelt.	Organisation: Unternehmen Umsetzung durch Vorgesetzte und alle Beschäftigten
„Lagerung unter Verschluss“ von Gefahrstoffen sowie Zugang nur für fachkundige und zuverlässige Personen für Stoffe und Gemische mit folgender Einstufung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• akut toxisch, Kategorie 2–3</li> <li>• spezifisch zielorgantoxisch, Kategorie 1</li> <li>• krebserzeugend oder keimzellmutagen, Kategorie 1A oder 1B</li> </ul> Tätigkeiten mit diesen Stoffen und Gemischen sowie mit atemwegssensibilisierenden Stoffen und Gemischen sind nur von fachkundigen oder besonders unterwiesenen Personen durchzuführen.	Ein Zugang unbefugter Personen ist organisatorisch verhindert.  Hinweise für die Beschäftigten sind in den Betriebsanweisungen dokumentiert und zugänglich gemacht.  Beschäftigte werden besonders unterwiesen.	Organisation: Unternehmen Umsetzung durch Vorgesetzte und alle Beschäftigten
Reststoffe von Gefahrstoffen und Gefahrstoffbehälter entfernen und entsorgen.	Ein entsprechendes Verfahren ist festgelegt, ein(e) Verantwortliche(r) ist bestimmt.	Organisation: Unternehmen
Flüssigkeitslachen und Staubablagerungen sind umgehend gefahrlos zu beseitigen.	Ein entsprechendes Verfahren ist festgelegt und in einer Betriebsanweisung geregelt.	Organisation: Unternehmen

### 3. Zusätzliche Schutzmaßnahmen

wenn:

- Arbeitsplatzgrenzwerte oder biologische Grenzwerte überschritten werden,
- bei hautresorptiven oder haut- oder augenschädigenden Gefahrstoffen eine Gefährdung durch Haut- oder Augenkontakt besteht oder
- bei Gefahrstoffen ohne Arbeitsplatzgrenzwert und ohne biologischen Grenzwert eine Gefährdung auf Grund der zugeordneten Gefährlichkeitsmerkmale und der inhalativen Exposition angenommen werden kann.

Maßnahmen/Checkpunkte	Betriebliche Umsetzung	Wirksamkeit/Prüfung
Sofern ein geschlossenes System technisch nicht möglich ist, müssen andere technische Maßnahmen nach dem Stand der Technik umgesetzt werden.	Die Maßnahmen nach der DGUV Information 213-716 sowie der TRGS 561 in Verbindung mit der DGUV Regel 109-602 wurden umgesetzt. Der Stand der Technik ist somit erfüllt. Maßnahmen sind u. a.: mechanische Prozessbehälterabdeckung, Rand- oder Wandabsaugung, Netzmittel. Über die Absaugung liegt eine Abnahme vor. Die Wirksamkeit des Netzmittels ist nachgewiesen.	Organisation: Unternehmen

Bei Überschreitung eines Arbeitsplatzgrenzwertes erfolgt eine erneute Gefährdungsbeurteilung.	Alle getroffenen Schutzmaßnahmen sind auf ihre Wirksamkeit überprüft. Zusätzliche Maßnahmen sind veranlasst (vgl. TRGS 561, DGUV Regel 109-602 und DGUV Information 213-716). Die Gefährdungsbeurteilung ist angepasst.	Organisation: Unternehmen
Persönliche Schutzausrüstung (PSA)	Es werden säurefeste Arbeitsschutzanzüge, Chemikalienschutzhandschuhe, Schürzen, Gummistiefel, Schutzbrillen, bei Bedarf Gesichtsschutz und bei Tätigkeiten mit festem Chromtrioxid (Ansetzen) Atemschutz (FFP2) zur Verfügung gestellt. Die PSA ist entsprechend der Betriebsanweisung anzuwenden.  (siehe auch DGUV Information 213-716 und DGUV Regel 109-602)	Organisation: Unternehmen
Bei Bedarf getrennte Aufbewahrung von Arbeits- und Straßenkleidung.	Getrennte Aufbewahrungsmöglichkeiten für die betreffenden Beschäftigten sind geschaffen worden, Beschäftigte wurden unterwiesen.	Organisation: Unternehmen
Reinigung verunreinigter Arbeitskleidung durch das Unternehmen.	Die Reinigung der Arbeitskleidung und Schutzkleidung ist in einem betrieblichen Verfahren geregelt.	Organisation: Unternehmen
Zutrittsbeschränkungen	Ist in Betriebsanweisungen geregelt.	Organisation: Unternehmen
Zusätzliche Schutzmaßnahmen oder angemessene Aufsicht bei Alleinarbeit – dies kann auch durch den Einsatz technischer Mittel sichergestellt werden.	Alleinarbeit ist organisatorisch verhindert.	Organisation: Unternehmen

**4. Besondere Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden, keimzellmutagenen und reproduktionstoxischen Gefahrstoffen**

Maßnahmen/Checkpunkte	Betriebliche Umsetzung	Wirksamkeit/Prüfung
Umsetzung des Minimierungsgebotes durch Anwendung eines geeigneten, risikobasierten Maßnahmenkonzeptes für krebserzeugende Gefahrstoffe ohne AGW.	Siehe TRGS 561 und DGUV Information 213-716.	Organisation: Unternehmen
Liegt für krebserzeugende Gefahrstoffe ein AGW vor und wird dieser eingehalten, oder werden Tätigkeiten entsprechend eines VSK (TRGS 420) durchgeführt, dann keine weiteren Maßnahmen nach § 10 Abs. 3 bis 5 der GefStoffV.	AGW liegt nicht vor, kein VSK nach TRGS 420, jedoch sind TRGS 561 und DGUV Information 213-716 beachtet.	Organisation: Unternehmen
Expositionsmessungen durchführen und Ergebnisse beurteilen.	Siehe TRGS 561 und DGUV Information 213-716.  Expositionsmessungen sind organisiert und werden durchgeführt.	Organisation: Unternehmen

## Gefahrstoffe in der Galvanotechnik und der Oberflächenveredelung

<p>Gefahrenbereich abgrenzen und kennzeichnen, keine Gefährdung anderer Beschäftigter zulassen.</p>	<p>Galvanik ist räumlich abgegrenzt.</p>	<p>Organisation: Unternehmen</p>
<p>Bei Absaugungen und RLT-Anlagen keine Reinlufrückführung zulassen (vgl. hierzu TRGS 560 „Lufrückführung bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden, erbgutverändernden und fruchtbarkeitsgefährdenden Stäuben“, Nr. 3).</p> <p>Rückgeführte Luft darf nicht in Arbeitsbereiche anderer Beschäftigter gelangen.</p> <p>Ausnahme: Anwendung behördlich oder von Unfallversicherungsträgern anerkannte Verfahren oder Geräte und ausreichende Reinigung der Luft.</p>	<p>An Randabsaugungen abgesaugte belastete Luft (Chrom(VI)-Aerosole) wird über Nasswäscher nach außen abgeführt.</p> <p>2. BImSchV ist beachtet.</p>	<p>Organisation: Unternehmen</p>

### 5. Grundlegende Schutzmaßnahmen bei Brand- und Explosionsgefährdungen

(ggf. erforderliche weitergehende Schutzmaßnahmen siehe Explosionsschutzdokument)

Maßnahmen/Checkpunkte	Betriebliche Umsetzung	Wirksamkeit/Prüfung
<p>Die Mengen an Gefahrstoffen sind im Hinblick auf die Brandbelastung, die Brandausbreitung und Explosionsgefährdungen so zu begrenzen, dass die Gefährdung durch Brände und Explosionen so gering wie möglich ist. Zum Schutz gegen das unbeabsichtigte Freisetzen von Gefahrstoffen, die zu Brand- oder Explosionsgefährdungen führen können, sind geeignete Maßnahmen zu ergreifen. Insbesondere die Vermeidung von Zündquellen, z. B. durch das Abschalten des Stroms beim Ein- und Ausfahren der Warenträger in den Prozessbehältern, bei denen sich Wasserstoff unter Schaumbildung entwickelt.</p>	<p>Explosionsschutzdokument ist erstellt und wird beachtet.</p>	<p>Organisation: Unternehmen</p>
<p>Insbesondere müssen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gefahrstoffe in Arbeitsmitteln und Anlagen sicher zurückgehalten werden und gefährliche Temperaturen, Über- und Unterdrücke, Überfüllungen, Korrosionen vermieden werden,</li> <li>• Gefahrstoffströme müssen von einem schnell und ungehindert erreichbaren Ort aus durch Stillsetzen der Förderung unterbrochen werden können,</li> <li>• gefährliche Vermischungen von Gefahrstoffen vermieden werden.</li> </ul>	<p>Explosionsschutzdokument ist erstellt und wird beachtet.</p>	<p>Organisation: Unternehmen</p>
<p>Frei werdende Gefahrstoffe, die zu Brand- oder Explosionsgefährdungen führen können, sind an ihrer Austritts- oder Entstehungsstelle gefahrlos zu beseitigen, soweit dies nach dem Stand der Technik möglich ist. Ausgetretene flüssige Gefahrstoffe sind aufzufangen (z. B. durch Auffangwannen).</p>	<p>Explosionsschutzdokument ist erstellt und wird beachtet.</p>	<p>Organisation: Unternehmen</p>

### Angewendete Vorschriften und Informationsquellen

*Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)*

*Gesetz zum Schutz von Müttern bei der Arbeit, in der Ausbildung und im Studium (Mutterschutzgesetz – MuSchG)*

*Gesetz zum Schutze der arbeitenden Jugend (Jugendarbeitsschutzgesetz – JArbSchG)*

*Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV)*

*TRGS 400, 401, 402, 500, 510, 555, 560, 561*

*DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“*

*DGUV Regel 109-602 „Branche Galvanik“*

*DGUV Information 213-716 „Galvanotechnik und Eloxieren“*

*(Empfehlungen Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (EGU) nach der Gefahrstoffverordnung)*

*Broschüren der BG ETEM S015, S017, S018, S019*

---

## Anhang 3: Muster-Explosionsschutz-Dokument

### Galvanik – Gestellanlage zum Hartverchromen mit Randabsaugung, mit raumlufttechnischer Anlage (RLT-Anlage)

**Bitte beachten:** Die kursiv gesetzten Einträge sind Beispieltex-te, die Sie im Ergebnis ihrer Gefährdungsbeurteilung und je nach ihren betrieblichen Bedingungen anpassen bzw. ändern müssen.

Explosionsschutz – Dokumentation	
GefStoffV	
Datum:	
Verantwortlich:	
Unterschrift:	
1 Allgemeine Angaben	
<i>Firmenname</i>	<i>Mustermann GmbH Beispiel Straße 20 21000 Vorschlagstadt</i>
<i>Arbeitsbereich</i>	<i>Oberflächenbehandlung Erdgeschoss Halle 2</i>
<i>Bezeichnung der Anlage</i>	<i>Gestellanlage Nr. 1234</i>
<i>Beschreibung des Verfahrens</i>	<i>In der Gestellanlage werden Stahlteile auf Warenträgern zunächst gereinigt und anschließend hartverchromt. Die Anlage besteht aus 10 Prozessbehältern, die von dem Transportwagen entsprechend der Steuerung angefahren werden. Die Prozessbehälter sind mit Randabsaugungen ausgerüstet.</i>  <i>Mit Außenstrom werden betrieben:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hartverchromungsverfahren (3000 A)</li> <li>• Elektrolytisches Entfetten (1000 A)</li> </ul> <i>Der Arbeitsraum verfügt zusätzlich über eine raumlufttechnische Anlage (RLT-Anlage), die eine raumerfüllende Luftführung gewährleistet.</i>
2 Zugehörige Dokumente	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anlagendokumentation mit Betriebsanleitung, Auslegung der Absaugung, Abnahmeprotokollen und Konformitätserklärung</li> <li>• Genehmigungsunterlagen</li> <li>• Brandschutzgutachten</li> <li>• Lageplan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gefährdungsbeurteilung mit Gefahrstoffverzeichnis und Betriebsanweisungen</li> <li>• Prüfbescheinigungen mit Messprotokollen</li> <li>• Notfallpläne</li> <li>• Unterweisungsunterlagen und Nachweise</li> <li>• Freigabeverfahren</li> </ul>
3 Einsatzstoffe und sicherheitstechnische Kennzahlen	
<i>siehe Ordner Sicherheitsdatenblätter</i>	
<i>Kenndaten von Wasserstoff:</i>	
<i>UEG:</i>	<i>4 Vol. %</i>
<i>OEG:</i>	<i>77 Vol. %</i>
<i>Mindestzündenergie:</i>	<i>0,016 mJ</i>
<i>Relative Gasdichte:</i>	<i>0,07</i>
<i>Zündtemperatur:</i>	<i>560 °C</i>

#### 4 Beurteilung der Explosionsgefahr

Zur Beurteilung der Explosionsgefahr werden die beiden Prozessbehälter mit Außenstrom herangezogen und die Wasserstoffentwicklung abgeschätzt.

Die Beurteilung basiert auf der Fachveröffentlichung Fachbereich AKTUELL FBHM-122 „Hilfestellungen zum Explosionsschutzkonzept und zur Zoneneinteilung für explosionsgefährdete Bereiche verschiedener Verfahren in Galvanik- und Anodisieranlagen“.

Die technische Lüftung ist nach dem Stand der Technik der DIN EN 17059:2018 ausgelegt, installiert und überwacht. Sobald der Abluftvolumenstrom der technischen Lüftung unter den Auslegungswerten liegt, wird die Bildung des Wasserstoffs durch die dort definierten Schutzmaßnahmen sicher gestoppt.

Die Auslegung der technischen Lüftung erfolgt nach den Anforderungen der DIN EN 17059:2018 Abschnitt 4.6.1.3 „Technische Lüftung (Zuluft- und Abluftsysteme)“. Technische Lüftung im Sinne der DIN EN 17059:2018 stellt eine Objektabsaugung entsprechend Abschnitt 4.6.4 der TRGS 722 dar.

Gemäß DIN EN 17059:2018 Abschnitt 4.9 ist eine Verriegelung der Stromversorgung des Galvanikprozesses mit der technischen Lüftung umgesetzt.

Die nachfolgenden Maßnahmen und Zoneneinteilung erfolgen entsprechend der o. g. Schrift.

#### 5 Maßnahmen

<b>5.1 Technische Lüftung</b>	<p>Die technische Lüftung (Zu- und Abluftsysteme) ist entsprechend der DIN EN 17059:2018 ausgelegt.</p> <p>Die Organisation der jährlichen Prüfung erfolgt entsprechend der DGUV Regel 109-002, siehe auch „Handlungshilfe zur Prüfung und Dokumentation ortsfester Absauganlagen“ (Bestell-Nr. S019 der BG ETEM).</p>	
<b>5.2 Zoneneinteilung</b>	<p>Schaum:</p> <p>Prozessbehälter:</p> <p>Absaugsystem (Erfassungselement und Rohrleitungen):</p>	<p>Eine ausgeprägte Schaumbildung wird sicher vermieden, keine Zone (andernfalls Zone 0).</p> <p>Elektrolytoberfläche bis Unterkante der Absaugöffnungen, Zone 1.</p> <p>Durch ausreichenden Luft-Volumenstrom liegt die Wasserstoffkonzentration deutlich unter der UEG, keine Zone.</p>
<b>5.3 Betriebsmittel in den Zonen 0 bis 1 – mögliche Zündquellen</b>	<p>Auswahlkriterium Gerätegruppe:</p> <p>Explosionsgruppe:</p> <p>Zone 1 Gerätekategorie:</p> <p>Elektr. Geräte (einschl. Überwachung der Strömung):</p> <p>Prozessbehälter und Transportwagen:</p> <p>Abschaltung der Stromversorgung über Anlagensteuerung vor Entnahme der Gestelle (Abreibfunken):</p> <p>Bekleidung:</p> <p>Fußböden in explosionsgefährdeten Bereichen müssen ableitfähig ausgeführt sein (Ableitwiderstand <math>&lt; 10^8 \Omega</math>, z. B. Beton ohne Kunststoffzusatz)</p>	<p>II</p> <p>IIC</p> <p>2G</p> <p>Abnahmeprüfung und dreijährige Prüfung durch eine befähigte Person nach BetrSichV für den Explosionsschutz</p> <p>geerdet, jährliche Prüfung</p> <p>alle ortsfesten Behälter müssen geerdet sein</p> <p>ableitfähige Schuhe, Schutzanzug</p>
<b>5.4 Konstruktiver Explosionsschutz</b>	<p>kein konstruktiver Explosionsschutz</p>	

<p>5.5 Organisation</p>	<p>Notfallmanagement                  Alarmplan                  Betriebsanweisung                  Unterweisung                  Prüfungen (überwachungsbedürftige Anlage nach BetrSichV)                  Freigabeverfahren bei Arbeiten an der Anlage</p>
<p>5.6 Kennzeichnung nach ASR A1.3</p>	

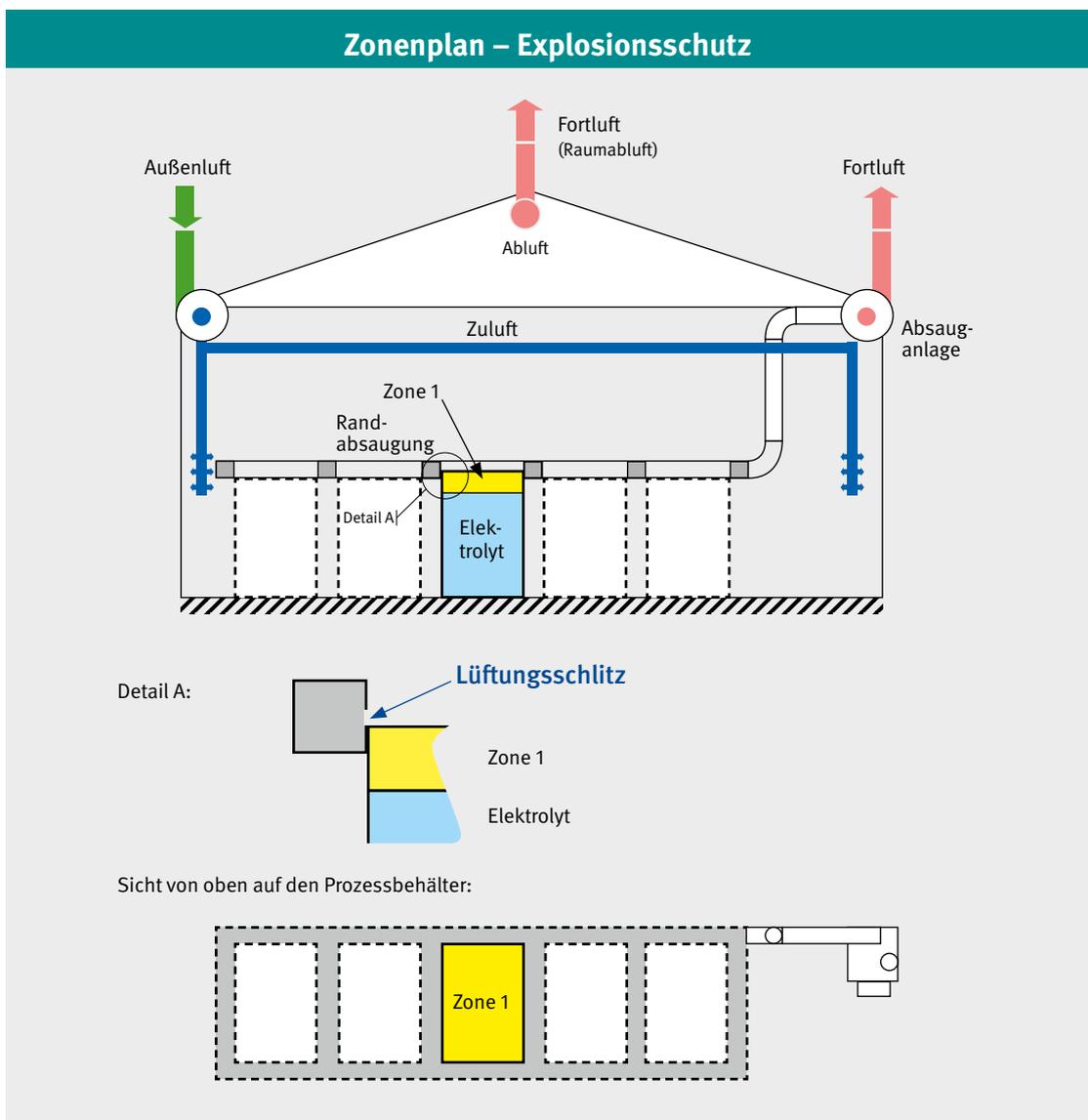


Abb. 1: Zonenplan Explosionsschutz

Durch die Auslegung der Absaugung nach der DIN EN 17059:2018 wird sichergestellt, dass austretende Gefahrstoffe oberhalb der Elektrolytoberfläche erfasst und abgesaugt werden. Die in der Norm vorgegebenen Mindestgeschwindigkeiten für die Zu- und Abluftsysteme garantieren eine wirksame Absaugung und die Erfassung des austretenden Wasserstoffes.

Über die Faradaysche Gleichung ist die Menge des entstehenden Wasserstoffes berechenbar. Zusammen mit dem bekannten Absaugvolumenstrom lässt sich eine ausreichende Verdünnung des Wasserstoffes in der Absaugung belegen.

In dem Bereich zwischen Elektrolytoberfläche und Unterkante der Absaugöffnung vermischt sich der Wasserstoff mit dem abgesaugten Luftvolumen. Aufgrund der Strömungsdynamik sind lokale Konzentrationsschwankungen

möglich. Entsprechend den Betrachtungen aus der Fachbereich AKTUELL FBHM-122 „Hilfestellungen zum Explosionsschutzkonzept und zur Zoneneinteilung für explosionsgefährdete Bereiche verschiedener Verfahren in Galvanik- und Anodisieranlagen“ ergibt sich dort die Zone 1. Die Anforderungen an die Technik und Überwachung werden in der vorgenannten Schrift und der Norm DIN EN 17059:2018 definiert.

Da sowohl Wasserstoff als auch Sauerstoff in einer möglichen Schaumschicht an der Elektrolytoberfläche gespeichert werden, ist die Schaumbildung in gefahrdrohender Menge zu vermeiden. Durch Zugabe von Netzmittel ist die Schaumbildung im Elektrolyten vermieden. Andernfalls ist der Schaum als Zone 0 einzustufen.

## Anhang 4: Beispiele Prozessbehälter – Kennzeichnungen für Elektrolyte

Nachfolgende Beispiel-Behälterkennzeichnungen sind im Ergebnis ihrer Gefährdungsbeurteilung und je nach ihren betrieblichen Bedingungen anzupassen bzw. zu ändern.

Dekorative Verchromung	<b>Manuelle Anlage</b>	<i>«Logo des Unternehmens»</i>
<b>Glanzchromelektrolyt</b> <i>«ggf. zusätzlich den Verfahrensnamen»</i>		
	<p><b>Gefahrenauslöser:</b> Chromtrioxid, Chrom(VI)-oxid Schwefelsäure WGK: 3</p> <p>H271 Kann Brand oder Explosion verursachen; starkes Oxidationsmittel. H290 Kann gegenüber Metallen korrosiv sein. H301 Giftig bei Verschlucken. H314+H318 Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden. H317 Kann allergische Hautreaktionen verursachen. H310+H330 Lebensgefahr bei Hautkontakt oder bei Einatmen. H334 Kann bei Einatmen Allergie, asthmaartige Symptome oder Atembeschwerden verursachen. H335 Kann die Atemwege reizen. H340 Kann genetische Defekte verursachen. H350 Kann Krebs erzeugen. H361f Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen. H372 Schädigt die Organe bei längerer oder wiederholter Exposition. H400+H410 Sehr giftig für Wasserorganismen akut und auch bei langfristiger Wirkung.</p> <p>Während des Prozesses kommt es zu einer Wasserstoffentwicklung/Knallgas.</p>	
T ca. 40 °C pH ≤ 1	<i>«Name des Unternehmens»</i>	Datum

Verkupferung cyanidisch	<b>Manuelle Anlage</b>	<i>«Logo des Unternehmens»</i>
<b>Kupferelektrolyt, cyanidisch</b> <i>«ggf. zusätzlich den Verfahrensnamen»</i>		
	<p><b>Gefahrenauslöser:</b> Salze der Blausäure / Cyanide / Kupfersalze, löslich WGK: 3</p> <p>H300+H310+H330 Lebensgefahr bei Verschlucken, bei Hautkontakt oder bei Einatmen. H315+H318 Verursacht Hautreizungen und schwere Augenschäden. H400+H410 Sehr giftig für Wasserorganismen akut und auch bei langfristiger Wirkung.</p>	
T ca. 25 °C pH ≥ 12	<i>«Name des Unternehmens»</i>	Datum

Technische Verchromung	<b>Manuelle Anlage</b>	<i>⟨Logo des Unternehmens⟩</i>
<b>Hartchromelektrolyt</b> <i>⟨ggf. zusätzlich den Verfahrensnamen⟩</i>		
	<p><b>Gefahrenauslöser:</b> Chromtrioxid, Chrom(VI)-oxid Schwefelsäure WGK: 3</p> <p>H271 Kann Brand oder Explosion verursachen; starkes Oxidationsmittel. H290 Kann gegenüber Metallen korrosiv sein. H301 Giftig bei Verschlucken. H314+H318 Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden. H317 Kann allergische Hautreaktionen verursachen. H310+H330 Lebensgefahr bei Hautkontakt oder bei Einatmen. H334 Kann bei Einatmen Allergie, asthmaartige Symptome oder Atembeschwerden verursachen. H335 Kann die Atemwege reizen. H340 Kann genetische Defekte verursachen. H350 Kann Krebs erzeugen. H361f Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen. H372 Schädigt die Organe bei längerer oder wiederholter Exposition. H400+H410 Sehr giftig für Wasserorganismen akut und auch bei langfristiger Wirkung.</p> <p>Während des Prozesses kommt es zu einer Wasserstoffentwicklung/Knallgas.</p>	
T ≥ 55 °C pH ≤ 1	<i>⟨Name des Unternehmens⟩</i>	Datum

Verzinkung	<b>Galvanoautomat</b>	<i>⟨Logo des Unternehmens⟩</i>
<b>Zinkelektrolyt, alkalisch</b> <i>⟨ggf. zusätzlich den Verfahrensnamen⟩</i>		
	<p><b>Gefahrenauslöser:</b> Natriumhydroxid, Zinkoxid WGK: 2</p> <p>H314+H318 Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden. H290 Kann gegenüber Metallen korrosiv sein. H400+H410 Sehr giftig für Wasserorganismen akut und auch bei langfristiger Wirkung.</p>	
T ca. 25 °C pH ≥ 12	<i>⟨Name des Unternehmens⟩</i>	Datum

Dekorative Vernickelung	<b>Galvanoautomat</b>	<i>⟨Logo des Unternehmens⟩</i>
<b>Glanznickelelektrolyt</b> <i>⟨ggf. zusätzlich den Verfahrensnamen⟩</i>		
	<p><b>Gefahrenauslöser:</b> Nickelsalze, löslich Schwefelsäure WGK: 3</p> <p>H290 Kann gegenüber Metallen korrosiv sein. H301+H331 Giftig bei Verschlucken oder bei Einatmen. H314+H318 Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden. H317 Kann allergische Hautreaktionen verursachen. H334 Kann bei Einatmen Allergie, asthmaartige Symptome oder Atembeschwerden verursachen. H341 Kann vermutlich genetische Defekte verursachen. H350i Kann bei Einatmen Krebs erzeugen. H360D Kann das Kind im Mutterleib schädigen. H372 Schädigt die Organe bei längerer oder wiederholter Exposition. H400+H410 Sehr giftig für Wasserorganismen akut und auch bei langfristiger Wirkung.</p>	
T ca. 60 °C pH ≤ 1	<i>⟨Name des Unternehmens⟩</i>	Datum

## Anhang 5: Beispiel-Betriebsanweisungen

Im Internet sind Beispiele für Muster-Betriebsanweisungen für die Galvanotechnik und Oberflächenveredelung der BG ETEM zum Herunterladen und Bearbeiten verfügbar, siehe unter <https://medien.bgetem.de> Themen: Betriebsanweisung:

in Sammlung BZ00 (Webcode: M18672969):

- Betriebsanweisung-Vorlage (B000)

in Sammlung BZ008 (Webcode: M18266446)

sowie BZ014 (Webcode: M18503552):

- Galvanik (Füllen eines Salpetersäurebades) (B009)
- Spritzentfettung (Entfetten von Stahlteilen) (B011)
- Hartverchromen, Badbedienung (B020)
- Handanlage, Beizbäder (Galvanik allgemein) – Badbedienung (B023)
- Handanlage, Abkochentfettung (Galvanik allgemein) – Badbedienung (B024)
- Handanlage, Nickelbad (Vernickeln galvanisch) – Badbedienung (B025)

- Handanlage, Nickelbad (Vernickeln chemisch) – Badbedienung (B026)
- Handanlage, Chromatierbad (Chromatieren) – Badbedienung (B027)
- Handanlage, Eloxalbad (Eloxieren/Schwefelsäureverfahren) – Badbedienung (B028)
- Handanlage, Glänzbad (Aluminiumglänzen) – Badbedienung (B029)
- Handanlage, Chrombad (Hart- und Glanzverchromen) – Badbedienung (B030)
- Handanlage, Kupferbad (Verkupfern cyanidisch) – Badbedienung (B031)
- Handanlage, Zinkbad (Verzinken alkalisch) – Badbedienung (B032)
- Handanlage, Zinkbad (Verzinken sauer) – Badbedienung (B033)

## Anhang 6: Beispiel-Verzeichnis der Beschäftigten für Tätigkeiten mit KM-Stoffen der Kategorie 1A oder 1B in der Galvanotechnik

Verzeichnis der Beschäftigten über Tätigkeiten mit krebserzeugenden und keimzellmutagenen Gefahrstoffen (KM) der Kategorie 1A oder 1B nach GefStoffV und TRGS 410

Musterverzeichnis Galvanotechnik (nicht abschließend, Beispiel für einen Beschäftigten, Stand: Juli 2021)

Tätigkeit	Eingesetzter/frei werdender Stoff/Produkt mit KM-Eigenschaften	Höhe der Exposition	Dauer der Exposition		
			Stunden/Tag	Tage/Woche	Wochen/Jahr
Hartverchromen in der Lohngalvanik	Chrom(VI)-Verbindungen	inhalativ: 0,00716 mg/m <sup>3</sup> 95 %-Perzentil-Wert aus der DGUV Information 213-716 dermal: gelegentliche Spritzer			
Hartverchromen im Tiefdruck	Chrom(VI)-Verbindungen	inhalativ: 0,00044 mg/m <sup>3</sup> 95 %-Perzentil-Wert aus der DGUV Information 213-716 dermal: gelegentliche Spritzer			
Vernickeln (elektrolytisch)  Glanznickel/ Halbglanznickel	Nickel und seine Verbindungen	inhalativ: 0,00084 mg/m <sup>3</sup> (A-Fraktion) 0,0133 mg/m <sup>3</sup> (E-Fraktion) 95 %-Perzentil-Werte aus der DGUV Information 213-716 dermal: gelegentliche Spritzer			

95 %-Perzentil-Wert: 95% der vorhandenen Konzentrationswerte liegen unterhalb, die restlichen 5% oberhalb dieses Wertes.

Die angegebenen Expositionen können für die jeweiligen Tätigkeiten herangezogen werden, wenn die Schutzmaßnahmen aus der DGUV Information 213-716 „Empfehlungen Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (EGU) nach der Gefahrstoffverordnung – Galvanotechnik und Eloxieren“ umgesetzt sind.

Wenn A- und E-Fraktion nicht angegeben sind, beziehen sich die angegebenen Expositionsdaten für Metalle und Metallverbindungen auf die einatembare und die alveolengängige Fraktion, weil zum Zeitpunkt der Auswertung zu wenig Expositionsdaten für die einzelnen Fraktionen vorlagen.

## Anhang 7: Weiterführende Literatur

### Gesetze, Verordnungen, Technische Regeln

Bezugsquelle: Internet z. B. [www.gesetze-im-internet.de](http://www.gesetze-im-internet.de) und Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)

- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)
- Europäisches Übereinkommen über den Transport gefährlicher Güter auf der Straße (ADR)
- Gefahrgutbeförderungsgesetz (GGBefG)
- Gefahrgutverordnung Eisenbahn und Binnenschifffahrt (GGVSEB)
- Gesetz zum Schutz von Müttern bei der Arbeit, in der Ausbildung und im Studium (Mutterschutzgesetz – MuSchG)
- Gesetz zum Schutz der arbeitenden Jugend (Jugendarbeitsschutzgesetz, JArbSchG)
- Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (CLP)
- Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH), zur Schaffung einer Europäischen Chemikalienagentur, zur Änderung der Richtlinie 1999/45/EG und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 793/93 des Rates, der Verordnung (EG) Nr. 1488/94 der Kommission, der Richtlinie 76/769/EWG des Rates sowie der Richtlinien 91/155/EWG, 93/67/EWG, 93/105/EG und 2000/21/EG der Kommission
- Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (Maschinenrichtlinie)
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV)
- Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV)
- Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)
- Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)
- Zweite Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Emissionsbegrenzung von leichtflüchtigen halogenierten organischen Verbindungen – 2. BImSchV)
- Gesetz zur Durchführung der Verordnung (EU) 2016/425 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. März 2016 über persönliche Schutzausrüstungen (PSA) und zur Aufhebung der Richtlinie 89/686/EWG des Rates (PSA-Durchführungsgesetz – PSA-DG)
- Gesetz über die Bereitstellung von Produkten auf dem Markt (Produktsicherheitsgesetz – ProdSG)
- Empfehlungen des Ausschusses für Betriebssicherheit – EmpfBS 1114 „Anpassung an den Stand der Technik bei der Verwendung von Arbeitsmitteln“
- TRGS 201 „Einstufung und Kennzeichnung bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“
- 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“
- TRBA/TRGS 406 „Sensibilisierende Stoffe für die Atemwege“
- TRGS 410 „Expositionsverzeichnis bei Gefährdung gegenüber krebserzeugenden oder keimzellenmutagenen Gefahrstoffen der Kategorien 1A oder 1B“
- TRGS 460 „Vorgehensweise zur Ermittlung des Stands der Technik“
- TRGS 509 „Lagern von flüssigen und festen Gefahrstoffen in ortsfesten Behältern sowie Füll- und Entleerstellen für ortsbewegliche Behälter“
- TRGS 510 „Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern“
- TRGS 555 „Betriebsanweisung und Information der Beschäftigten“
- TRGS 561 „Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen und ihren Verbindungen“

- TRGS 600 „Substitution“
- TRGS 722 „Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre“
- TRGS 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“
- TRGS 903 „Biologische Grenzwerte (BGW)“
- TRGS 905 „Verzeichnis krebserzeugender, keimzellmutagener oder reproduktionstoxischer Stoffe“
- TRGS 906 „Verzeichnis krebserzeugender Tätigkeiten oder Verfahren nach § 3 Abs. 2 Nr. 3 GefStoffV“
- TRGS 910 „Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen“
- ASR A1.3 „Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung“
- ASR A2.1 „Schutz vor Absturz und herabfallenden Gegenständen, Betreten von Gefahrenbereichen“
- ASR A3.4 „Beleuchtung“

### **DGUV Regelwerk für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit**

Bezugsquellen: <https://medien.bgetem.de>,  
Medienart: DGUV Regelwerk sowie  
[www.dguv.de/publikationen](http://www.dguv.de/publikationen)

### **Vorschriften**

- DGUV Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“

### **Regeln**

- DGUV Regel 100-500 und 100-501 „Betreiben von Arbeitsmitteln“
- DGUV Regel 108-003 „Fußböden in Arbeitsräumen mit Rutschgefahr“
- DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“
- DGUV Regel 109-602 „Branche Galvanik“
- DGUV Regel 112-189 und 112-989 „Benutzung von Schutzkleidung“
- DGUV Regel 112-190 „Benutzung von Atemschutzgeräten“
- DGUV Regel 112-191 und 112-991 „Benutzung von Fuß- und Knieschutz“

- DGUV Regel 112-192 und 112-992 „Benutzung von Augen- und Gesichtsschutz“
- DGUV Regel 112-193 „Benutzung von Kopfschutz“
- DGUV Regel 112-195 und 112-995 „Benutzung von Schutzhandschuhen“

### **Informationen**

- DGUV Information 204-022 „Erste Hilfe im Betrieb“
- DGUV Information 208-007 „Roste – Auswahl und Betrieb“
- DGUV Information 209-002 „Schleifen“
- DGUV Information 209-006 „Gießereiarbeiter“
- DGUV Information 209-009 „Galvanisieren“
- DGUV Information 209-088 „Reinigen von Werkstücken mit Reinigungsflüssigkeiten“
- DGUV Information 211-010 „Sicherheit durch Betriebsanweisungen“
- DGUV Information 212-007 „Chemikalien-schutzhandschuhe“
- DGUV Information 213-012 „Beförderung gefährlicher Güter in PKW und Kleintransportern“
- DGUV Information 213-716 „Empfehlungen Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (EGU) nach der Gefahrstoffverordnung – Galvanotechnik und Eloxieren“
- DGUV Information 213-052 „Beförderung gefährlicher Güter“



### Normen/VDE-/VDI-Bestimmungen

Bezugsquelle: Beuth-Verlag GmbH,  
Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin und  
VDE-Verlag, Bismarckstraße 33, 10625 Berlin

- DIN EN 12464:2019-06 „Licht und Beleuchtung – Beleuchtung von Arbeitsstätten – Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen“
- DIN EN 17059:2018-10 „Galvanik- und Anodisieranlagen – Sicherheitsanforderungen“
- DIN EN ISO 13732-1:2008-12 „Ergonomie der thermischen Umgebung – Bewertungsverfahren für menschliche Reaktionen bei Kontakt mit Oberflächen – Teil 1: Heiße Oberflächen (ISO 13732-1:2006)“
- VDE 0113-1:2007-06 „Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen (Abschnitt 13 „Verdrahtungstechnik“)“
- VDI 2262 Blatt 4:2006-03:2006-03 „Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz – Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe – Erfassen luftfremder Stoffe – Abschnitt 6 Auslegung von Erfassungseinrichtungen für spezielle Produktionsverfahren; Kapitel 6.2 Industriebäder“
- DIN EN ISO 374-1:2018 „Schutzhandschuhe gegen gefährliche Chemikalien und Mikroorganismen – Teil 1: Terminologie und Leistungsanforderungen für chemische Risiken“ (ISO 374-1:2016 und Amd.1:2018); Deutsche Fassung EN ISO 374-1:2016 + A1:2018

### Sonstige Informationen

- BG ETEM Broschüre (MB029) „Betriebsanweisungen für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“
- BG RCI Merkblatt M062 zur Konkretisierung der TRGS 510 „Lagerung von Gefahrstoffen“
- BG RCI M063-1 „Zusammenlagerung von Gefahrstoffen“
- Fachbereich AKTUELL FBHM-122 „Hilfestellungen zum Explosionsschutzkonzept und zur Zoneneinteilung für explosionsgefährdete Bereiche verschiedener Verfahren in Galvanik- und Anodisieranlagen“, Stand: 31.03.2022, [www.dguv.de/publikationen](http://www.dguv.de/publikationen)
- Leitfaden zur Auslegung von Absauganlagen an Galvanikanlagen ([www.zvo.org](http://www.zvo.org))
- Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG): Ständige Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe. MAK- und BAT-Werte-Liste. Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen und Biologische Arbeitsstofftoleranzwerte, aktuelle Fassung, <https://books.publisso.de/en/pgseries/overview/mak/lmbv/curlissue>
- GESTIS-Stoffdatenbank, Gefahrstoffinformationssystem der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, <https://www.dguv.de/ifa/gestis/gestis-stoffdatenbank>
- Organisationsdienst für nachgehende Untersuchungen, (ODIN) <http://www.odin-info.de/>
- Datenbank zur zentralen Erfassung gegenüber krebserzeugenden Stoffen exponierter Beschäftigter – Zentrale Expositionsdatenbank (ZED) der DGUV, <https://zed.dguv.de>

**Berufsgenossenschaft  
Energie Textil Elektro  
Medienerzeugnisse**

Gustav-Heinemann-Ufer 130  
50968 Köln  
Telefon 0221 3778-0  
Telefax 0221 3778-1199

**Bestell-Nr. S015**



[www.bgetem.de](http://www.bgetem.de)



[facebook.com/bgetem](https://facebook.com/bgetem)



[youtube.com/diebgetem](https://youtube.com/diebgetem)



[twitter.com/bg\\_etem](https://twitter.com/bg_etem)



[instagram.com/bg\\_etem](https://instagram.com/bg_etem)



[xing.to/bgetem](https://xing.to/bgetem)



[de.linkedin.com/company/bgetem](https://de.linkedin.com/company/bgetem)



[www.bgetem.de/ganzsicher](http://www.bgetem.de/ganzsicher)