

**209-009**

## **DGUV Information 209-009**



## **Galvanisieren**

**komm**mit**mensch** ist die bundesweite Kampagne der gesetzlichen Unfallversicherung in Deutschland. Sie will Unternehmen und Bildungseinrichtungen dabei unterstützen eine Präventionskultur zu entwickeln, in der Sicherheit und Gesundheit Grundlage allen Handelns sind. Weitere Informationen unter [www.kommmitmensch.de](http://www.kommmitmensch.de)

---

## Impressum

### Herausgegeben von:

Deutsche Gesetzliche  
Unfallversicherung e.V. (DGUV)

Glinkastraße 40  
10117 Berlin  
Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)  
Fax: 030 13001-9876  
E-Mail: [info@dguv.de](mailto:info@dguv.de)  
Internet: [www.dguv.de](http://www.dguv.de)

Sachgebiet Oberflächentechnik und Schweißen  
des Fachbereichs Holz und Metall der DGUV

Ausgabe: November 2019

DGUV Information 209-009  
zu beziehen bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungs-  
träger oder unter [www.dguv.de/publikationen](http://www.dguv.de/publikationen)

### Bildnachweis

Titelbild, Abb. 4.2, Abb. 8.2, Abb. 10.2, Abb. 12.1: © Hillebrand Chemicals GmbH;  
Abb. 1, 1.2: © Aalberts Surface Treatment GmbH;  
Abb. 1.3, 2.1, 2.3, 2.5, 2.7, 5.1, 7.1, 8.1, 9.1: © Gretsch-Unitas GmbH, Baubeschläge;  
Abb. 1.4, 11.1: © Busch-Jäger Elektro GmbH; Abb. 2.2: © Strähle Galvanik GmbH;  
Abb. 2.6, 2.8, 4.1, 10.1: © Barth Galvanik GmbH; Abb. 8.3: © Denios AG;  
Abb. 8.4: © WestAlu Tec GmbH, Abb. 12.2: © Belish – [stock.adobe.com](http://stock.adobe.com)

# Galvanisieren

# Inhaltsverzeichnis

	Seite		Seite	
<b>Vorwort</b> .....	5	<b>4</b>	<b>Absaugung und Lüftung</b> .....	29
<b>1 Gefahrstoffe</b> .....	6	4.1	Schutzmaßnahmen gegen inhalative Gefährdungen .....	30
1.1 Stoffe und typische Gemische .....	6	4.2	Schutzmaßnahmen gegen Explosionen .....	30
1.2 Gefährdungsbeurteilung .....	9	<b>5</b>	<b>Elektrische Anlagen/elektrische Gefährdungen/elektromagnetische Felder</b> .....	<b>32</b>
1.3 Hand- und Hautschutz .....	10	<b>6</b>	<b>Schutzmaßnahmen gegen Brände</b> .....	<b>33</b>
1.4 Gesundheitsschutz .....	11	<b>7</b>	<b>Abwasserbehandlung und Abfall</b> .....	<b>35</b>
1.4.1 Hygiene; Essen, Trinken, Rauchen .....	11	<b>8</b>	<b>Lagerung und innerbetrieblicher Transport</b> .....	<b>37</b>
1.4.2 Arbeitsmedizinische Vorsorge .....	11	<b>9</b>	<b>Instandhaltung</b> .....	<b>41</b>
1.4.3 Erste Hilfe .....	12	<b>10</b>	<b>Persönliche Schutzausrüstungen</b> .....	<b>43</b>
1.4.4 Beschäftigtenverzeichnis .....	13	<b>11</b>	<b>Betriebsanweisungen und Unterweisungen</b> .....	<b>44</b>
<b>2 Anforderungen an Anlagen und Arbeitsstätten</b> .....	<b>15</b>	<b>12</b>	<b>Prüfen von Anlagen und Einrichtungen</b> .....	<b>45</b>
2.1 Allgemein .....	15	<b>Anhang 1: Literaturverzeichnis</b> .....	<b>47</b>	
2.2 Prozessbehälter und Rohrleitungen .....	16			
2.3 Arbeiten an Prozessbehältern/mechanische Gefährdungen .....	17			
2.3.1 Manuelle Anlagen .....	18			
2.3.2 Halbautomatische Anlagen .....	19			
2.3.3 Galvanikautomaten .....	19			
2.3.4 Umgang mit Beschickungseinrichtungen .....	19			
<b>3 Verfahrensspezifische Gefährdungen und Schutzmaßnahmen</b> .....	<b>21</b>			
3.1 Vorbehandlungsverfahren .....	21			
3.1.1 Elektrolytisches Polieren, Glänzen und chemisches Entgraten .....	21			
3.1.2 Alkalische und elektrolytische Entfettung .....	22			
3.1.3 Dekapieren und Beizen .....	23			
3.2 Oberflächenbehandlungsverfahren .....	24			
3.2.1 Hart- und Glanzverchromen von Bauteilen .....	24			
3.2.2 Galvanisches und chemisches Vernickeln .....	24			
3.2.3 Verkupfern – cyanidisch, sauer .....	25			
3.2.4 Verzinken – cyanidisch, sauer, alkalisch .....	26			
3.2.5 Veredeln mit Gold und Silber .....	26			
3.2.6 Verzinnen – sauer und alkalisch .....	26			
3.2.7 Phosphatieren .....	27			
3.2.8 Eloxieren .....	27			
3.3 Nachbehandlungsverfahren .....	28			
3.3.1 Passivieren/Chromatieren .....	28			
3.3.2 Entmetallisieren (Entchromen) .....	28			
3.3.3 Brünieren .....	28			

# Vorwort

Diese DGUV Information soll Beschäftigten in Betrieben der elektrolytischen und chemischen Oberflächenbehandlung (Galvanotechnik) Hinweise für das sichere Arbeiten mit galvanotechnischen Prozessen (z. B. Verchromen, Verzinken, Vernickeln usw.) und verwandten Verfahren (z. B. Eloxieren [Abb. 1]), Brünieren, Phosphatieren, Beizen, Reinigen und Entfetten, Trocknen usw.) geben.

Lager- und innerbetriebliche Transportarbeiten sowie die Abwasserbehandlung werden in dieser Broschüre ebenfalls berücksichtigt.

Aufgrund der Gefährdungen in den galvanotechnischen Bereichen kann es beispielsweise zu Verätzungen, zu Stürzen (Rutschgefahr in Nassbereichen), zu Absturz in galvanische Prozessbehälter, zu Quetschungen durch den Fahrwagen an den Galvanikautomaten und zur dermalen, inhalativen und oralen Aufnahme von Gefahrstoffen kommen.



Trotz verbesserter technischer Schutzmaßnahmen, besonders Verkleidungen, Verwendung geschlossener Anlagen, Verrohrungen und Dosiereinrichtungen, kommen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bei ihren Tätigkeiten mit Gefahrstoffen in Kontakt.

Deshalb müssen alle Beschäftigten die Gefahren kennen, die notwendigen Schutzmaßnahmen und Betriebsanweisungen beachten und die erforderlichen persönlichen Schutzausrüstungen benutzen.

Das gilt nicht nur für die Tätigkeiten am Prozessbehälter, sondern auch für kurzfristige Arbeiten und Nebenarbeiten, die in diesem Punkt häufig unterschätzt werden, zum Beispiel:

- Umfüllen von Flüssigkeiten
- Probenahme und Pflege der Prozessflüssigkeit
- Kontrollgänge an Automaten und Anlagen
- Aufhängen und Abnehmen der Bauteile (Gestellware)
- Befüllen und Entleeren von Trommeln (Trommelware)
- Entleeren und Reinigen von Behältern
- Entsorgen der Rückstände

Instandhaltungspersonal kann wegen unvermutet austretender Flüssigkeiten besonders gefährdet sein, wenn zum Beispiel Flanschverbindungen gelöst, Armaturen ausgebaut, festkorrodierte Ventile, Hähne und Schieber betätigt oder Schrauben gelöst werden.

**Abb. 1**  
Eine moderne Eloxalanlage  
für Aluminium-Bauteile





# 1 Gefahrstoffe

## 1.1 Stoffe und typische Gemische

Die meisten Stoffe und typischen Gemische für die Oberflächenveredelung sind Gefahrstoffe im Sinne der Gefahrstoffverordnung [1].

Beispiele für Prozessflüssigkeiten und Elektrolyte in den galvanotechnischen Prozessen sind in der folgenden Tabelle aufgeführt; sie können eine oder mehrere der in nachfolgender Übersicht dargestellten gefährlichen Eigenschaften aufweisen.

**Tabelle 1** Gefahrenpiktogramme und Gefahrenklassen mit Beispielen für Prozessflüssigkeiten und Elektrolyte in galvanotechnischen Prozessen nach GHS/CLP [2] – vereinfachte Übersicht

Piktogramm	Gefahrenklasse und Gefahrenkategorie	Beispiele
 GHS01 – explodierende Bombe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Explosive Stoffe</li> <li>• Selbstzersetzliche Stoffe: Typen A,B</li> <li>• Organische Peroxide: Typen A,B</li> </ul>	Nicht relevant in der Galvanotechnik, aber ggf. in Zusammenhang mit der Wasserstoffentwicklung zu beachten
 GHS02 – Flamme	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entzündbare Stoffe</li> <li>• Selbstzersetzliche Stoffe: Typen B,C,D,E,F</li> <li>• Organische Peroxide: Typen B,C,D,E,F</li> <li>• Pyrophore Stoffe</li> <li>• Selbsterhitzungsfähige Stoffe</li> <li>• Aerosole</li> <li>• Stoffe, die mit Wasser entzündbare Gase entwickeln</li> </ul>	Kohlenwasserstoffgemische in Reinigern Isopropanol in Glanzzusätzen Natriumdithionit bei der Abwasserbehandlung
 GHS03 – Flamme über einem Kreis	Oxidierende Stoffe	Chromtrioxid Konzentrierte Salpetersäure
 GHS04 – Gasflasche	Gase unter Druck	Bei der Instandhaltung: Sauerstoff-Gasflasche Acetylen-Gasflasche Flüssiggas-Gasflasche

Piktogramm	Gefahrenklasse und Gefahrenkategorie	Beispiele
 <p>GHS05 – Ätzwirkung</p>	<p>Auf Metalle korrosiv wirkend</p> <p>Hautätzend Schwere Augenschädigung/ Augenreizung: Kategorie 1</p>	<p>Konzentrierte Säuren und Laugen: Schwefelsäure Salpetersäure Salzsäure Flusssäure Ätznatron/Natronlauge</p>
 <p>GHS06 – Totenkopf mit gekreuzten Knochen</p>	<p>Akute Toxizität (oral, dermal, inhalativ): Kategorien 1,2,3</p>	<p>Chromsäure Cyanide Flusssäure</p>
 <p>GHS07 – Ausrufezeichen</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Akute Toxizität: Kategorie 4</li> <li>• Reizung der Haut: Kategorie 2</li> <li>• Augenreizung: Kategorie 2</li> <li>• Sensibilisierung der Haut: Kategorie 1, 1 A, 1 B</li> <li>• Spezifische Zielorgan-Toxizität: Kategorie 3</li> <li>• Die Ozonschicht schädigend</li> </ul>	<p>Verdünnte Säuren und Laugen Oxalsäure Ameisensäure beim Vergolden</p>
 <p>GHS08 – Gesundheitsgefahr</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• K – <b>K</b>rebserzeugend</li> <li>• M – <b>M</b> – keimzell<b>m</b>utagen</li> <li>• R – <b>R</b>eproduktionstoxisch</li> <li>• Sensibilisierung der Atemwege</li> <li>• Spezifische Zielorgan-Toxizität: Kategorien 1,2</li> <li>• Aspirationsgefahr</li> </ul>	<p>Chromsäure Nickelverbindungen Borsäure beim Vernickeln und Verzinken</p>
 <p>GHS09 – Umwelt</p>	<p>Gewässergefährdend</p>	<p>Wassergefährdende Stoffe der Wassergefährdungsklasse 2 und 3, z. B. Zinkoxid</p>

Für die weltweit einheitliche Gefahrstoffkennzeichnung wurden auch die Kennzeichnungselemente harmonisiert. Folgende Hauptelemente wurden festgelegt:

- Gefahrenklassen, unterteilt in Unterklassen, Kategorien oder Typen
- Gefahrenpiktogramme
- Signalwörter
- Gefahrenhinweise, sogenannte H-Sätze (hazard statements)
- Sicherheitshinweise, sogenannte P-Sätze (precautionary statements)

Zusätzlich zu den Piktogrammen kann auf dem Kennzeichnungsetikett eines Gefahrstoffprodukts eines von zwei möglichen Signalwörtern aufgedruckt sein:

- „Gefahr“ steht für Kategorien mit schwerwiegenden Gefahren.
- „Achtung“ steht für Kategorien mit weniger schwerwiegenden Gefahren.

Damit wird der potenzielle Gefährdungsgrad verdeutlicht.

Ein Kennzeichnungsetikett eines Gefahrstoffgebändes nach CLP-Verordnung [2] umfasst folgende Elemente:

- Name, Anschrift und Telefonnummer der Lieferfirma(firmen)
- Nennmenge eines Stoffs oder Gemischs
- Produktidentifikatoren (Stoffname, Identifikationsnummer, CAS-Nr. u. a.)
- gegebenenfalls Gefahrenpiktogramme
- gegebenenfalls ein Signalwort (Achtung oder Gefahr)
- gegebenenfalls Gefahrenhinweise
- gegebenenfalls Sicherheitshinweise
- gegebenenfalls ergänzende Informationen (zusätzliche Hinweise wie EUH-Sätze)

Neben den Kennzeichnungselementen nach CLP-Verordnung [2] müssen unter Umständen noch weitere Kennzeichnungselemente aus anderen Rechtsgebieten auf dem Etikett erscheinen, zum Beispiel die REACH[3]-Zulassungsnummer für Chromsäure.

 <p><b>200 L</b>      <b>Gefahr</b></p>	<p><b>Methanol (Lösemittel)</b> (Index-Nr.: 603-001-00-X)</p> <p>Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar Giftig bei Verschlucken, Hautkontakt oder Einatmen Schädigt den Sehnerv.</p> <p>Von Hitze, heißen Oberflächen, Funken, offenen Flammen sowie anderen Zündquellenarten fernhalten. Nicht rauchen. An einem trockenen Ort aufbewahren. Schutzhandschuhe/Schutzkleidung tragen.</p> <p>Bei Berührung mit der Haut: Mit viel Wasser und Seife waschen.</p> <p>Bei Verschlucken: Sofort Giftinformationszentrum/ Arzt rufen.</p> <p>Unter Verschluss aufbewahren.</p>
<p>Muster-Chemie AG · 11111 Musterstadt · Tel. +49(0)888-99-3333</p>	

Abb. 1.1 Kennzeichnung für Methanol



## 1.2 Gefährdungsbeurteilung

Die Verantwortlichen im Betrieb müssen im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung ermitteln, in welcher Weise der Stoff oder das Gemisch eingesetzt wird beziehungsweise welche Tätigkeiten durchgeführt werden oder geplant sind. Die erforderlichen aktuellen Informationen müssen vorliegen.

Vorrangig ist stets zu prüfen, ob der Einsatz ungefährlicherer Ersatzstoffe möglich ist oder ob Anwendungsverfahren eingesetzt werden können, bei denen keine oder wenige Gefahrstoffe freigesetzt werden.

Die Kennzeichnung auf den Gebinden und die Sicherheitsdatenblätter der Hersteller, Import- und Handelsunternehmen geben erste Gefahrenhinweise (H-Sätze) sowie Sicherheitshinweise (P-Sätze). Das Sicherheitsdatenblatt sowie mögliche weitere Herstellerinformationen sind die Basis für die Gefährdungsbeurteilung, die durchgeführt werden muss, bevor der Gefahrstoff erstmalig im Betrieb eingesetzt wird.

Liegen alle Informationen zu einem Gefahrstoff vor, ist arbeitsplatz- und tätigkeitsbezogen zu bewerten, welche Gefährdungen der Beschäftigten vorliegen und welche Schutzmaßnahmen ergriffen werden müssen.

Hierbei zu berücksichtigende Einflussfaktoren sind unter anderem:

- Verfahren mit offenem Umgang oder in geschlossenen Apparaturen
- Einsatz geringer oder großer Stoffmengen
- Konzentration der Einsatzstoffe im Elektrolyten
- Verfahrensparameter (Temperatur, Stromdichte)
- Absaugmaßnahmen am Prozessbehälter
- Lüftungsverhältnisse im Raum
- Tätigkeiten mit kurzer oder länger dauernder Exposition gegenüber einem Gefahrstoff
- Normalbetrieb, Wartung oder Instandhaltung

Beispielsweise sind bei Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten im Allgemeinen umfangreichere persönliche Schutzmaßnahmen zu treffen als im Normalbetrieb einer Anlage.

Schutzmaßnahmen müssen immer nach dem „T-O-P-Prinzip“ ausgewählt sein, das heißt, dass technische Maßnahmen stets Vorrang vor persönlichen Schutzmaßnahmen haben. Dabei müssen der Stand der Technik und aktuelle Regelungen berücksichtigt werden (siehe DGUV Regel 109-602 [4]).

### **Hinweis**

Voraussetzungen für das sichere Arbeiten im Betrieb: Um sich und andere während der Arbeit zu schützen, müssen alle Beschäftigten

- unterwiesen worden sein,
- die Sicherheitskennzeichnung am Arbeitsplatz beachten,
- die Sicherheitseinrichtungen (Notdusche, Augenspüleinrichtungen) kennen,
- die Kennzeichnung der Chemikalienbehälter, Prozessbehälter und Rohrleitungen kennen und berücksichtigen und
- die Betriebsanweisungen verstanden haben und umsetzen können.

Außerdem müssen besondere Beschäftigungsbeschränkungen nach Mutterschutz- [5] und Jugendarbeitsschutzgesetz [6] beachtet und notwendige Maßnahmen ebenfalls in der Gefährdungsbeurteilung oder Betriebsanweisung festgelegt werden.

### 1.3 Hand- und Hautschutz

Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung ist auch festzustellen, ob die einzelnen Tätigkeiten im Bereich der Galvanik einen speziellen Hautschutz oder besondere Hygienemaßnahmen erfordern.

Beispiele:

- Umgang mit den verschmutzten Werkstücken vor dem Galvanisieren
- Aufhängen und Abnehmen der Teile auf und von Warenträger(n) (Abb. 1.2)
- Qualitätskontrolle der Teile
- Arbeiten mit flüssigkeitsdichten Handschuhen
- Tätigkeiten an handbeschickten Prozessbehältern
- Ab- und Umfüllen von Gefahrstoffen

Hand- und Hautschutz umfasst

- Bereitstellung geeigneter persönlicher Schutzausrüstung (Schutzkleidung [7], Schutzhandschuhe [8], Schürze [7], Schutzbrille [9], bei Bedarf Gesichtsschutz [9]),
- Hautschutzmittel vor Arbeitsaufnahme und nach jedem Waschvorgang,
- Hautreinigungsmittel bei jedem Waschvorgang, z. B. vor den Pausen und nach Arbeitsende und
- Hautpflegemittel nach dem Waschvorgang bei Arbeitsende.

Für den Hautschutz gibt es keine Universalschutzmittel. Sie müssen vielmehr vom Betriebsarzt oder von der Betriebsärztin sorgfältig für den Einzelfall ausgewählt werden. Ein Hautschutzplan soll über die richtige Anwendung der Hautschutzmittel informieren. Er ist im Betrieb auszuhängen, am besten am Handwaschbecken. Auch der Umgang mit Hautschutzmitteln sollte Bestandteil der regelmäßigen Unterweisungen sein.

Für das längere Tragen von flüssigkeitsdichten Handschuhen müssen spezielle Schutzcremes zur Verfügung stehen (Hauterweichung). Von hautgefährdender Feuchtarbeit spricht man ab 2 Stunden Tragezeit von flüssigkeitsdichten Handschuhen.

Bei der Hautreinigung sind möglichst hautschonende Reinigungsmittel zu verwenden, zum Beispiel Flüssigseife. Abrasiv wirkende Reinigungsmittel wie Handwaschpaste sind nur bei starken Verschmutzungen anzuwenden.

Auf keinen Fall dürfen Lösemittel, Benzin, Nitroverdünnung und Ähnliches für die Hautreinigung verwendet werden.

Hautschutz ist keine Kosmetik. Er muss genauso ernst genommen werden wie die Benutzung von persönlichen Schutzausrüstungen.

An einer angebotenen regelmäßigen Vorsorge des Betriebsarztes oder der Betriebsärztin gegen Hauterkrankungen (z. B. nach G 24) sollten alle betroffenen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter teilnehmen.



Abb. 1.2  
Aufsteck- und Abnahmeplätze von  
Gestellware

## 1.4 Gesundheitsschutz

### 1.4.1 Hygiene; Essen, Trinken, Rauchen

An Arbeitsplätzen in der Galvanotechnik dürfen die Beschäftigten nicht essen, trinken, rauchen oder schnupfen. Auf dieses Verbot ist hinzuweisen (Hinweisschild, Unterweisung, Betriebsanweisung). Im Rahmen ihrer Aufsichtsverantwortung haben die Vorgesetzten auf die Einhaltung dieser Regelungen zu achten.

Für die Aufbewahrung von Nahrungsmitteln und den Verzehr müssen entsprechende Räume und Einrichtungen bereitgestellt sein. Die Beschäftigten müssen diese Räume nutzen. Das Aufbewahren von Gefahrstoffen in Lebensmittelbehältnissen (Getränkeflaschen etc.) ist wegen der Verwechslungsgefahr nicht erlaubt.

Da bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen der Körperhygiene besondere Bedeutung beizumessen ist, müssen ausreichende Waschgelegenheiten und/oder -räume sowie Umkleieräume vorhanden sein. Die Hände und exponierten Körperteile sind bei Arbeitsunterbrechungen und bei Arbeitsende zu waschen.

Bei Tätigkeiten, bei denen mit einer Gefährdung der Beschäftigten durch Verschmutzung der Arbeits- und Schutzkleidung zu rechnen ist, müssen Arbeitgeberinnen und Arbeitgeber getrennte Aufbewahrungsmöglichkeiten für die Arbeits- oder Schutzkleidung einerseits und die Straßenkleidung andererseits zur Verfügung stellen [7]. Die Beschäftigten müssen diese Möglichkeiten nutzen. Die Reinigung und Pflege von Arbeits- und Schutzkleidung muss vom Unternehmen geregelt sein. Um ein Verschleppen von Verunreinigungen zu verhindern, muss Arbeits- und Schutzkleidung im betrieblichen Bereich bleiben und darf keinesfalls mit nach Hause genommen oder privat gereinigt werden.

Das Ablegen von Schutzhandschuhen über den Prozessbehälterrand oder auf einem Gefahrstoffbehälter ist eine häufig anzutreffende Unsitte. Es muss für Möglichkeiten gesorgt werden, Schutzkleidung, Schutzhandschuhe, Atemschutz etc. so aufzubewahren und abzulegen, dass sie vor Verschmutzung geschützt sind [7], [8], [9], [10], (Abb. 1.3).

### 1.4.2 Arbeitsmedizinische Vorsorge

Für die Tätigkeit mit bestimmten chemischen Stoffen sowie bei bestimmten physikalischen oder biologischen Einwirkungen muss im Betrieb die arbeitsmedizinische Vorsorge [11] organisiert sein.

In Abhängigkeit vom Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung wird die Vorsorge als

- Pflichtvorsorge veranlasst oder
- Angebotsvorsorge angeboten.



Abb. 1.3

Trockengestell für Schutzhandschuhe

Sie besteht aus einem ärztlichen Gespräch und gegebenenfalls aus

- einer Erstuntersuchung vor Aufnahme einer gefährdenden Tätigkeit,
- Nachuntersuchungen in regelmäßigen Abständen während dieser Tätigkeit,
- Nachuntersuchungen bei Beendigung dieser Tätigkeit,
- Nachuntersuchungen bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden oder keimzellmutagenen Stoffen der Kategorien 1A und 1B auch nach Beendigung der Beschäftigung (siehe auch <http://www.odin-info.de/> [12]).

Auf Art und Umfang der arbeitsmedizinischen Vorsorge soll bei den Unterweisungen während der arbeitsmedizinisch-toxikologischen Beratung (Betriebsarzt oder Betriebsärztin) hingewiesen werden.

Im Bereich der elektrolytischen und chemischen Oberflächenbehandlung kommen Tätigkeiten mit folgenden Stoffen oder Einwirkungen in Betracht (offene Liste):

Bei einer festgelegten Pflichtvorsorge ist die durchgeführte veranlasste arbeitsmedizinische Vorsorge eine Voraussetzung für die Beschäftigung oder Weiterbeschäftigung mit den entsprechenden Tätigkeiten.

### 1.4.3 Erste Hilfe

Bei Unfällen in Galvanikbetrieben können besondere Erste-Hilfe-Maßnahmen erforderlich sein, die von den verwendeten Arbeitsstoffen abhängen. Es kann erforderlich sein, dass bestimmte Arzneimittel zur Soforthilfe bereitgehalten werden.

Dazu gehören Antidots bei Unfällen mit cyanidischen Elektrolyten oder Calciumgluconat bei Verätzungen mit Flusssäure.

In diesen Fällen sind eine Zusatzausbildung und eine gesonderte Unterweisung der Ersthelferinnen und Ersthelfer erforderlich. Diese Maßnahmen können entweder von Betriebsärztinnen und Betriebsärzten oder von Organisationen durchgeführt werden, die in Erster Hilfe ausbilden.

Tätigkeiten mit folgenden Stoffen oder Einwirkungen	Möglicher arbeitsmedizinischer Grundsatz
Chrom(VI)-Verbindungen	G 15
Fluor oder seine anorganischen Verbindungen (Fluoride)	G 34
Methanol	G 10
Nickel oder seine Verbindungen	G 38
Schwefelwasserstoff (z. B. bei Sulfidfällung in der Abwasserbehandlung)	G 11
Tetrachlorethen (Perchlorethylen, Per) Feuchtarbeit	G 14
Angebotsvorsorge bei mehr als zwei Stunden, z. B. aufgrund des Tragens von flüssigkeitsdichten Schutzhandschuhen [8]	G 24
Tätigkeiten mit krebserzeugenden oder keimzellmutagenen Stoffen und Zubereitungen der Kategorie 1A und 1B (z. B. Cobaltchlorid, -sulfat)	G 40
Lärm (z. B. bei Be- und Entladetätigkeiten von Trommeln an Trommelanlagen)	G 20
Tätigkeiten, die das Tragen von Atemschutzgeräten [10] erfordern	G 26

Empfehlenswert ist auch eine Abstimmung mit dem nächsten geeigneten Krankenhaus.

Darüber hinaus hat es sich als zweckmäßig erwiesen, die notwendigen Gefahrstoffinformationen (mindestens das Sicherheitsdatenblatt) zur Ersten Hilfe und Notfallversorgung an zentraler Stelle aufzubewahren und betriebliche Ansprechpersonen festzulegen. Durch ein geeignetes Verfahren ist sicherzustellen, dass Rettungsdienste und behandelnde Ärztinnen und Ärzte automatisch diese häufig lebensrettenden Informationen erhalten. Das Verfahren sollte regelmäßig geübt werden.

In allen Bereichen, in denen mit Ganzkörper- oder Augenverätzungen zu rechnen ist, müssen Notduschen oder Augenduschen installiert sein (Abb. 1.4). Die Beschäftigten müssen in ihrer Nutzung unterwiesen sein; der Umgang mit den Sicherheitseinrichtungen sollte regelmäßig praktisch eingeübt werden. Durch auffällige Kennzeichen ist auf die Notduschen und Augenduschen hinzuweisen. Ihre Funktionstüchtigkeit ist regelmäßig zu überprüfen. Bei Verwendung von Augenspülflaschen ist auf das Verfallsdatum der Augenspüllösungen zu achten.



#### 1.4.4 Beschäftigtenverzeichnis

Bei einigen Tätigkeiten mit Kontakt zu krebserzeugenden oder keimzellmutagenen Gefahrstoffen der Kategorie 1A oder 1B (Chrom (VI)- oder Nickelverbindungen) wird nach § 14 GefStoffV [1] in Verbindung mit TRGS 410 [13] das Führen eines Beschäftigtenverzeichnisses erforderlich, wenn eine Gefährdung der Gesundheit besteht.

Das Expositionsverzeichnis muss folgende Angaben enthalten:

- Name der Firma: Anschrift, ggf. Betrieb, Betriebsteil
- Persönliche Daten des oder der Beschäftigten
- Gefahrstoffe oder Tätigkeiten oder Verfahren nach TRGS 906 [14]
- Tätigkeit mit Zeitraum
- Höhe der Exposition mit Angabe der Ermittlungsmethode (ermittelt z. B. durch tätigkeitsbezogene Arbeitsplatzmessungen) und der Grenzwerte oder Beurteilungsmaßstäbe
- Dauer und Häufigkeit der Exposition
- Zeitpunkt der Aktualisierung

Abb. 1.4:  
Augendusche und Körpernotdusche im Lagerbereich für Gefahrstoffe

Das Verzeichnis muss einschließlich aller Aktualisierungen nach Ende der Exposition 40 Jahre lang aufbewahrt werden. Werden Beschäftigungsverhältnisse beendet, ist den Beschäftigten ein Auszug mit den sie betreffenden Angaben auszuhändigen.

Im Betrieb ist ein Nachweis darüber in der gleichen Weise aufzubewahren wie Personalunterlagen.

Die Unfallversicherungsträger bieten eine Möglichkeit an, die Daten zu speichern, und zwar in der „Datenbank zur zentralen Erfassung gegenüber krebserzeugenden Stoffen exponierter Beschäftigter – ZED“ der DGUV (Zentrale Expositionsdatenbank – ZED; siehe <https://zed.dguv.de>) [15].

# 2 Anforderungen an Anlagen und Arbeitsstätten

## 2.1 Allgemein

Für Galvanik- und Anodisieranlagen gelten die Bestimmungen der Maschinenrichtlinie [16] und der DIN EN 17059 „Galvanik- und Anodisieranlagen – Sicherheitsanforderungen“ [17] (Neumaschinen). Für das Betreiben der Anlagen sind die Forderungen des Arbeitsschutzgesetzes [18] in Verbindung mit der Betriebsicherheitsverordnung [19] und der Gefahrstoffverordnung [1] zu berücksichtigen. Anforderungen an die Betriebsstätte werden in der Arbeitsstättenverordnung [20] genannt (Abb. 2.1). Konkretisierungen enthalten die zugehörigen technischen Regeln.



Abb. 2.1 Abgesicherter Zugang zum Galvanikbereich (Galvanoautomat)

In der Galvanotechnik stellen Stolper-, Rutsch- und Sturzunfälle Schwerpunkte dar. Fußbodenausführung und -beschaffenheit sind in Galvanikbetrieben besonders zu beachten (Abb. 2.2).

Stolperunfälle sind im Galvanikbereich zusätzlich gefährlich, weil es vorkommt, dass beim Haltsuchen in die ätzende oder heiße Prozessflüssigkeit gegriffen wird oder von Hand transportierte



Abb. 2.2 Rutschfeste Treppe

Prozessflüssigkeiten verschüttet werden. Stolperstellen, zum Beispiel Löcher oder andere Unebenheiten, die im Laufe des Betriebs entstehen, müssen gemeldet und beseitigt werden.

Verschüttete Chemikalien müssen sicher aufgenommen und der Abwasserbehandlung und/oder der Verwertung/Entsorgung ordnungsgemäß zugeführt werden. Oxidierend wirkende Flüssigkeiten wie Salpetersäure dürfen dabei nicht mit brennbaren Stoffen (z. B. Holzspäne, Baumwollappen) aufgenommen und nicht mit brennbaren Flüssigkeiten gemischt werden. Geeignet sind zum Beispiel Granulatbindemittel.

Fußböden sind trocken zu halten, damit die Rutschgefahr verringert wird.

Laufroste als Belag von Fußböden oder Arbeitsbühnen können aus Holz, Kunststoff, Stahl oder Leichtmetall ausgeführt sein (siehe DGUV Regel 108-003 „Fußböden in Arbeitsräumen mit Rutschgefahr“ [21] und DGUV Information 208-007 „Roste – Auswahl und Betrieb“ [22]). Holzroste brechen jedoch leicht an den Schwachstellen (Astlöcher u. Ä.).

Holzroste dürfen im Bereich von salpetersauren Prozessflüssigkeiten aufgrund der Bildung nitroser Gase nicht verwendet werden (besondere Gefahr bei Neuansatz und Pflege der Prozessflüssigkeit).

Bei allen Laufrosten ist darauf zu achten, dass sie keine Stolperstellen bilden und gegen Verrutschen und Kippen gesichert sind. Nach jeder Reparatur, bei der auch nur ein Gitterfeld geöffnet wurde, und nach jedem Umbau sind die wieder verlegten Laufroste kritisch auf ihre Befestigung zu prüfen (Abb. 2.3).



Abb. 2.3 Sicher befestigte Bodenroste

Eine gute Beleuchtung ist nicht nur für die Fertigungsqualität, sondern auch für die Arbeitssicherheit wichtig. Leider wird manchmal aus Bequemlichkeit oder falscher Sparsamkeit die vorhandene Beleuchtungsanlage nicht benutzt. Die Beleuchtungsstärke soll nach der ASR 3-4 „Beleuchtung“ [23] und nach DIN EN 12464-1 „Licht und Beleuchtung – Beleuchtung von Arbeitsstätten – Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen“ [24] beim Galvanisieren mindestens 300 Lux betragen, bei Kontrollarbeitsplätzen 750 Lux. Diese Werte können durch einfache Messgeräte – Luxmeter – überprüft werden. Defekte Lampen sind zu ersetzen und verschmutzte Lampen müssen gereinigt werden.

## 2.2 Prozessbehälter und Rohrleitungen

Die Randhöhe von Prozessbehältern beträgt nach dem Stand der Technik 1,0 m. (Technische Regel für Arbeitsstätten – ASR A2.1 „Schutz vor Absturz und herabfallenden Gegenständen, Betreten von

Gefahrenbereichen“ [25]). An der Beschickungsseite von Handanlagen ist abweichend eine niedrigere Randhöhe von 0,7 m zulässig, wenn das Risiko des Absturzes in den Prozessbehälter durch andere Maßnahmen im gleichen Ausmaß minimiert wird, zum Beispiel durch die Anordnung von Heizelementen, Elektroden oder Lüftungskanälen an der Beschickungsseite. Grund für diese Abweichung von der Standardhöhe ist die Tatsache, dass bei einer Randhöhe von 1,0 m ein ergonomisches und sicheres Beschicken der Prozessbehälter nicht möglich ist.

Geländer dienen im Bereich der Galvanik als Absturzsicherung an Laufbühnen, als Schutz vor Stürzen in galvanische Prozessbehälter (Tiefbäder beim Hartverchromen) und verhindern das Betreten von gefährdeten Bereichen. Sie dürfen nicht schadhaft sein und nicht abmontiert werden. Abnehmbare oder für Wartungszwecke abmontierte Geländer müssen nach Instandhaltungsarbeiten wieder montiert werden.

### Kennzeichnungspflicht

Gemäß ASR A1.3 „Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung“ [26] und TRGS 201 „Einstufung und Kennzeichnung bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“ [27] sind Prozessbehälter, Rohrleitungen und Apparaturen durch Angabe von

- Prozessbehälterinhalt und Verwendungszweck,
- Gefahrenkennzeichnung und
- Betriebstemperatur (wenn mit Verbrennungen oder Verbrühungen zu rechnen ist)

zu kennzeichnen.

Außerdem müssen Armaturen an Pumpen und Rohrleitungen so gekennzeichnet sein, dass Fehlbetätigungen auszuschließen sind (siehe TRGS 201, [27]). Armaturen müssen so angeordnet oder geschützt sein, dass sie nicht unbeabsichtigt betätigt werden können.

Absperrarmaturen müssen mit einer aufschraubbaren Verschlusskappe gesichert sein, damit die Flüssigkeiten nicht durch unbeabsichtigtes Öffnen austreten können.




Gefährdungs- und Belastungsfaktoren	Beispiele für Schutzmaßnahmen (spezielle Rechtsgrundlagen)
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Offene Flammen</li> <li>■ Heiße Oberflächen (z. B. glatte Metalloberflächen &gt; 60 °C, Holz &gt; 110 °C)</li> <li>■ Heiße Flüssigkeiten (z. B. strömendes Wasser &gt; 60 °C)</li> <li>■ Heiße Dämpfe (z. B. Wasserdampf)</li> <li>■ Heiße Gase (z. B. Heißluftgebläse)</li> <li>■ Tiefkalte Medien, Kühl- und Kältemittel (z. B. flüssiger Stickstoff, Trockeneis)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Kontakt verhindern (z. B. durch Isolation, trennende Schutzeinrichtungen)</li> <li>→ Bei Arbeiten mit Dampf oder Heißwasser nur geeignete Schlauchleitungen mit geeigneten Anschlussarmaturen verwenden.</li> <li>→ Dichtheit von Systemen (Apparate, Rohrleitungen und Armaturen) gewährleisten.</li> <li>→ Persönliche Schutzausrüstungen benutzen.</li> <li>→ Gefahrstreifen kennzeichnen (z. B. Warnzeichen W017 nach ASR A1.3)</li> </ul> <div style="text-align: center;">  <p>W017 Warnung vor heißer Oberfläche</p> </div>

Abb. 2.4 Kennzeichnung von heißen Oberflächen ([1], [19], [28], [29])



Abb. 2.5 Kennzeichnung von Rohrleitungen nach TRGS 201

### 2.3 Arbeiten an Prozessbehältern/mechanische Gefährdungen

Das oberste Gebot für das Arbeiten an Prozessbehältern ist die Beachtung der Betriebsanweisung. Sie ist Kernforderung verschiedener Rechtsvorschriften, die für den Arbeitsplatz gelten:

- Betriebssicherheitsverordnung § 12 (2) [19]
- Gefahrstoffverordnung § 14 [1]
- TRGS 555 „Betriebsanweisung und Information der Beschäftigten“ [30]
- DGUV Information 211-010 „Sicherheit durch Betriebsanweisungen“ [31]

Besondere Gefährdungen bestehen beim Ansetzen, Befüllen, Entleeren und Reinigen der Prozessbehälter.

Beim Ansetzen der Elektrolyte und Prozessflüssigkeiten ist Folgendes zu beachten:

- Konzentrierte Säure langsam und unter Umrühren dem Wasser zugeben, nie umgekehrt.
- Selbsterhitzung beim Zusetzen von Schwefelsäure und beim Auflösen von Alkalien und Ätzkalk berücksichtigen.

- Zum Umrühren keine Rohre benutzen.
- Transport- und Lagergefäße vorsichtig öffnen, weil sie aus verschiedenen Gründen unter Druck stehen können; Gesichtsschutz tragen [9]!
- Aufgrund der Spritzgefahr beim Umfüllen von Flüssigkeiten und beim Auflösen von ätzenden Chemikalien ist Gesichtsschutz [9] und Körperschutz [7] zu tragen!
- Beim Einfüllen staubender Stoffe, z. B. Ätznatron, Chromtrioxid, Nickelsulfat, oder staubender Zusätze, z. B. pulverförmige Entfettungs- oder Netzmittel, sind die ermittelten Schutzmaßnahmen zu treffen und anzuwenden (Betriebsanweisung).

Beim Befüllen von Prozessbehältern, zu dem auch das Nach- und Auffüllen sowie Korrekturen der Prozessflüssigkeiten gehören, können Gefahren auftreten durch

- Verwechseln von Prozessbehältern und Zusätzen,
- Überlaufen von Behältern und
- nicht ausreichend befestigte Schlauchverbindungen, z. B. bei Fassungspumpen.

Manuelle und nicht automatisch überwachte Befüllvorgänge sind ständig zu beaufsichtigen.

Für das Herausholen von Gegenständen, die in den Prozessbehälter gefallen sind, müssen die vorhandenen Hilfsmittel, z. B. Magnete oder Haken, verwendet werden. Dabei ist auf einen sicheren Stand zu achten.

An Handanlagen besteht die Möglichkeit der Verletzung durch Spritzer, weil sich die Bedienpersonen direkt am Prozessbehälter aufhalten und die Werkstücke von Hand einsetzen. Durch die Form der Werkstücke selbst können Spritzer oder Eruptionen auftreten. Offene Hohlkörper und Rohre sind deshalb besonders vorsichtig einzutauchen. Bei geschlossenen Hohlkörpern ist zu beachten, dass sich beim Einsetzen in heiße Prozessbehälter ein Innendruck aufbaut, der bereits bei 100 °C Betriebstemperatur etwa ein Drittel über dem Normaldruck liegt.

Beim Entleeren der Prozessbehälter in Zwischenbehälter treten zusätzliche Gefahren auf, wenn das Behältermaterial nicht beständig gegen die Prozessflüssigkeit und die Temperatur ist oder sich Reste von anderen Chemikalien darin befinden. Kann der Zwischenbehälter nicht den gesamten Inhalt des Prozessbehälters aufnehmen, ist der Umfüllvorgang ständig zu beobachten, um rechtzeitig gestoppt werden zu können.

Beim Reinigen von Behältern können Gefahren auftreten, besonders

- durch Restmengen (z. B. Elektrolyt, Beize usw.) im Behälter,
- durch Rückstände mit gefährlichen Eigenschaften (z. B. Schlamm, Ablagerungen, Auskristallisation),
- bei der Entsorgung der Rückstände,
- in nicht völlig geschlossenen Behältern und
- beim Reinigen der Abluftanlage.

Wenn aufgrund der Größe der Behälter in diese eingestiegen werden muss, sind Schutzmaßnahmen zu treffen, die abhängig von den durchzuführenden Arbeiten und eingesetzten Stoffen sind, zum Beispiel:

- sicheres Stillsetzen der Anlage
- besondere Unterweisung
- Freigabe und Befahrerlaubnis
- umgebungsluftunabhängiger Atemschutz [10]
- Schutzanzug [7]
- Gummistiefel [32]
- Schutzhandschuhe [8]
- Gesichtsschutz [9]
- Überwachung der Arbeiten durch einen Sicherheitsposten
- keine Alleinarbeit

Prozessbehälter, über denen Arbeiten stattfinden, müssen tragfähig abgedeckt sein oder es müssen Absturzsicherungen verwendet werden.

### 2.3.1 Manuelle Anlagen

Bei manuellen Anlagen werden die Warenträger von Hand in die einzelnen Prozessbehälter gesetzt. Da die einzelnen Prozessschritte händisch

durchgeführt werden, kann es aus ergonomischer Sicht zu einer erheblichen Belastung des Körpers, besonders des Rückens, kommen. Die Gehwege sind frei von Gegenständen zu halten, über die man stolpern könnte.

Weitere Gefährdungen:

- Thermische Gefährdungen durch heiße Elektrolyte
- Absturz in die Prozessbehälter (z. B. aufgrund geringer Wannrandhöhe des Prozessbehälters)
- Verletzung durch Spritzer der Elektrolyten (Hineinfallen des Trägers; Eintauchen/Herausnehmen von Hohlkörpern und Rohren)
- Mechanische Gefährdung durch Warenträgerbewegungen
- Stolpern/Ausrutschen
- Elektromagnetische Felder in der Nähe von Wechselrichtern oder Gleichrichtern

Nach den technischen Maßnahmen, wie einer Absaugeinrichtung, und organisatorischen Maßnahmen, wie das Beschränken der Aufenthaltsdauer am Prozessbehälter, ist das Tragen von persönlicher Schutzausrüstung, wie Augen- oder Gesichtsschutz [9], Schutzhandschuhen mit Stulpe [8], Schürze [7], Sicherheitsschuhen oder Gummistiefeln [32], eine Schutzmaßnahme gegen Gefahrstoffe.

### 2.3.2 Halbautomatische Anlagen

Die Bedienperson führt das Werkstück mit dem Beschickungsgerät oder dem Kran zum Prozessbehälter. Mit dem Kran erfolgt dann das Eintauchen großer Werkstücke, zum Beispiel Walzen oder Wellen, in den Elektrolyten. Bei Massenartikeln kann das auch mit Gestellen oder mit Einhängetrommeln geschehen. Der Verfahrensweg kann dabei teilautomatisiert erfolgen.

Auch bei den halbautomatischen Anlagen befindet sich die Bedienperson relativ nahe an den Prozessbädern, deshalb sind die unter Abschnitt 2.3.1 genannten Gefährdungen zu beachten und Schutzmaßnahmen festzulegen. Zusätzlich treten

hier mechanische Gefahrstellen auf, zum Beispiel Zahnradantriebe an Trommeln oder Scher- und Quetschstellen an den Warenträgeraufnahmen. Die Gehwege sind frei von Gegenständen zu halten, über die man stolpern könnte.

### 2.3.3 Galvanikautomaten

Die Anlagenbeschickung erfolgt automatisch gesteuert, das heißt programmiert. Die Bedienpersonen arbeiten nicht direkt am Elektrolyten. Die Werkstücke werden entweder außerhalb der Anlage auf spezielle Warenträger (Gestelle) aufgesteckt, oder alternativ in Trommeln gefüllt. Das Gestell oder die Einhängetrommel wird vom Beschickungsgerät der Anlage aufgenommen und programmgesteuert zu den Prozessbädern transportiert.

Um die geforderte Oberflächenqualität zu erzielen, können Warenträgerbewegungen notwendig sein, die zu mechanischen Gefährdungen führen können. Mit einer Elektrolytbewegung kann mit höheren Stromdichten gearbeitet werden. Das erfolgt durch Umpumpen oder durch das Einblasen von gereinigter Druckluft. Alternativ werden auch Seitenkanalverdichter eingesetzt.

### 2.3.4 Umgang mit Beschickungseinrichtungen

Zu den Beschickungseinrichtungen zählen vor allem Hub- und Schwenktrommelanlagen, Schienenlaufkatzen, Querumsetzer, Transportwagen in vielfältiger konstruktiver Ausgestaltung.

An den Beschickungseinrichtungen, die zum Teil automatisch anlaufen, treten mechanische Gefahrstellen auf, zum Beispiel Zahnradantriebe an Trommeln oder großräumige Scher- und Quetschstellen an Automaten (z. B. mit festen Teilen der Umgebung, Gebäudestützen und Pfeilern).

Diese Gefahrstellen müssen gesichert sein, zum Beispiel durch Not-Halt-Schaltbügel oder ähnlich wirkende Schutzeinrichtungen.

Schutzeinrichtungen (Verkleidungen, Lichtschranken, Positionsendschalter usw.) dürfen nicht abgebaut oder unwirksam gemacht werden (Abb. 2.6).

Beschädigungen an Sicherheitseinrichtungen sind umgehend zu melden. Schutzeinrichtungen, die für Reinigungs-, Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten demontiert wurden, sind vor Inbetriebnahme der Anlage wieder anzubringen.

Beschickungseinrichtungen sind aufgrund der betrieblichen Abläufe und der Belastungen durch Chemikalien erfahrungsgemäß einem erhöhten Verschleiß unterworfen.

Das gilt auch für die an ihnen angebrachten Sicherheitseinrichtungen. Schaltelemente dürfen nicht verbiegen, Bügel nicht korrodieren, Reißleinen nicht schlaff werden (Abb. 2.7 und Abb. 2.8).

Die Gefahrstoffverordnung [1] nennt für Sicherheitseinrichtungen ein Prüfintervall von maximal 3 Jahren. Die konkreten Prüfintervalle von Schutzeinrichtungen werden in Abschnitt 11 definiert. Schutzeinrichtungen, die sich in Bereichen befinden, in denen regelmäßig gearbeitet wird, sollten häufiger auf Funktion geprüft werden.

Beispiele für arbeitstäglige Überprüfung:

- Notendhalteeinrichtungen, Anfahrbügel, Reißleinen, Not-Befehlseinrichtungen und
- Wirksamkeit von Absaugungen



Abb. 2.7 Reißleine, mit Sicherheitseinrichtung gegen Schlaffseil

Diese Anforderungen werden zweckmäßigerweise in der Betriebsanweisung festgelegt, und die Prüfungen sind zu dokumentieren. Mängel sind unverzüglich den Vorgesetzten zu melden.



Abb. 2.6 Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen, z. B. zur Absicherung der Gefahrstellen an Querumsetzern von Galvanoautomaten



Abb. 2.8 Anfahrbügel mit Abdeckplatte am Transportwagen

# 3 Verfahrensspezifische Gefährdungen und Schutzmaßnahmen

Die folgende Beschreibung von Gefährdungen und Schutzmaßnahmen bei den verschiedenen Verfahrenen und die Beschreibungen der Verfahren sind hauptsächlich der DGUV Regel 109-602 „Branche Galvanik“ [4] entnommen, für weitergehende Erläuterungen wird daher auf diese Branchenregel verwiesen.

## 3.1 Vorbehandlungsverfahren

Bei der Vorbehandlung von Werkstücken für die elektrolytische und chemische Oberflächenbehandlung (Abschnitt 3.2) unterscheidet man

- mechanische Verfahren und
- chemische und elektrochemische Verfahren.

Zu den mechanischen Vorbehandlungsverfahren gehören

- das Schleifen und Polieren,
- das Strahlen und
- das Trommeln oder Gleitschleifen.

Schutzmaßnahmen beim Schleifen und Polieren sind in der DGUV Information 209-002 „Schleifen“ [33] enthalten, Schutzmaßnahmen beim Strahlen in der DGUV Information 209-006 „Gießereiarbeiter“ [34].

Schutzmaßnahmen beim Trommeln und Gleitschleifen sind besonders an mechanischen Gefahrstellen und bei Gefahren durch die chemischen Zusätze (Compounds) erforderlich. Diese Zusätze sind häufig alkalisch, teilweise aber auch giftig, zum Beispiel bei Verwendung von Cyaniden. Die Verfahren sind mit Lärmentwicklung verbunden.

Zu den chemischen und elektrochemischen Vorbehandlungsverfahren gehören

- das elektrolytische Polieren, Glänzen und chemische Entgraten (Abschnitt 3.1.1),
- die alkalische und elektrolytische Entfettung (Abschnitt 3.1.2),
- das Dekapieren und Beizen (Abschnitt 3.1.3).

### 3.1.1 Elektrolytisches Polieren, Glänzen und chemisches Entgraten

Eingesetzte Säuren und Laugen verursachen beim elektrolytischen Polieren, Glänzen oder beim chemischen Entgraten besonders bei handbeschickten Prozessen hohe inhalative und dermale chemische Gefährdungen. Sie werden durch das Einatmen von säuren- oder laugenartigen Aerosolen verursacht.

Beim chemischen Glänzen kommen spezielle Glanzlösungen zum Einsatz, die aus Säuren wie Salpetersäure, Schwefelsäure, Salzsäure, Flußsäure, Chromsäure, Phosphorsäure und Essigsäure in unterschiedlichen Gemischen und Konzentrationen bestehen.

Beim elektrolytischen Glänzen (Elektropolieren) werden Unebenheiten von Metalloberflächen durch anodische Behandlung in starken Säuren und bei Aluminium durch Natronlauge entfernt (Mikroebenebnung).

Eine wirksame Absaugung reduziert diese Gefährdungen ebenso wie die Brand- und Explosionsgefahr durch den freiwerdenden Wasserstoff. Eine Absaugung für die Erfassung brennbarer Gase, zum Beispiel Wasserstoff, oder Dämpfe brennbarer Flüssigkeiten, muss entsprechend dem festgelegten explosionsgefährdeten Bereich geeignet ausgelegt sein. Die Brandgefahr entsteht durch Kurzschlüsse oder Überlast aufgrund von fehlerhaften elektrischen Verbindungen, die Brand- und Explosionsgefahr durch Wasserstoffentwicklung beim elektrolytischen Glänzen und Elektropolieren.

Bei Arbeiten mit Säuren oder Laugen muss persönliche Schutzausrüstung getragen werden, wenn Hautkontakt möglich ist, zum Beispiel bei der Probenahme oder bei der Handgalvanik.

Elektromagnetische Felder in der Nähe von Wechselrichtern oder Gleichrichtern und stromführenden Bauteilen gefährden alle Beschäftigten.

### 3.1.2 Alkalische und elektrolytische Entfettung

Zum Reinigen und Entfetten werden verwendet (siehe auch DGUV Information 209-088 „Reinigen von Werkstücken mit Reinigungsflüssigkeiten“ [35]):

- wässrige Lösungen (alkalische Entfettung)
- Lösemittel (im Regelfall gekapselte Anlagen nach 2. Bundesimmissionsschutzverordnung [2. BImSchV], [36])

Zur Verbesserung der Reinigungswirkung werden folgende Möglichkeiten genutzt:

- Beheizung der Prozessbehälter
- Ultraschall
- elektrischer Strom (elektrolytische Entfettung)

#### Alkalische Entfettung (Wässrige Lösungen)

Beim Entfetten oder Reinigen werden Oberflächen von Fetten, Ölen, Wachsen und anderen Schmutzschichten befreit. Am häufigsten werden alkalische Prozessflüssigkeiten auf der Basis von Ätzkali oder Ätznatron (Kalilauge oder Natronlauge) verwendet; gegebenenfalls bei Temperaturen bis 80 °C zur Abkochentfettung.

Die bei der alkalischen Entfettung eingesetzten Laugen verursachen besonders bei handbeschickten Prozessen oder beim Ansetzen/Nachschärfen hohe inhalative und dermale chemische Gefährdungen. Eine wirksame Absaugung reduziert diese Gefährdungen.

Persönliche Schutzausrüstung ist beim Arbeiten mit Säuren oder Laugen zu tragen, wenn Hautkontakt möglich ist, zum Beispiel bei der Probenahme oder bei der Handgalvanik. Beim Ansetzen/Nachschärfen muss Atemschutz gegen Aerosole (Natronlauge, Ätznatron) getragen werden [10].

Mechanische Gefährdungen sind an Beschickungseinrichtungen aufgrund der Warenträgerbewegungen und offener Zahnradantriebe bei Trommelanlagen zu beachten.

An Trommelanlagen existieren Gefährdungen durch Lärm.

#### Elektrolytische Entfettung

Die elektrolytische Entfettung wird eingesetzt, wenn hohe Ansprüche an die Reinheit der Oberfläche gestellt werden. Die Werkstücke werden als Anode oder als Kathode geschaltet, und es findet eine lebhaft Gasentwicklung (Sauerstoff oder Wasserstoff) statt.

Gefährdungen und Schutzmaßnahmen sind die gleichen wie bei der alkalischen Entfettung. Dazu kommt die Brand- und Explosionsgefahr durch den frei werdenden Wasserstoff oder Sauerstoff, die durch eine wirksame Absaugung reduziert wird. Eine Absaugung für die Erfassung brennbarer Gase, zum Beispiel Wasserstoff, oder Dämpfe brennbarer Flüssigkeiten muss entsprechend dem festgelegten explosionsgefährdeten Bereich geeignet ausgelegt sein.

Weiterhin sind Zündquellen zu vermeiden, zum Beispiel durch das Abschalten des Stroms beim Ein- und Ausfahren der Warenträger in die Prozessbehälter, bei dem sich Wasserstoff unter Schaumbildung entwickelt.

Elektromagnetische Felder gefährden nur Personen mit aktiven Implantaten.

#### Organische Lösemittel

Organische Lösemittel werden in Galvanikbetrieben heute nur noch selten benutzt, zum Beispiel bei der manuellen Reinigung von stark verölten Einzelteilen oder der Reinigung von Schüttgut in geschlossenen Anlagen.

Chemische Gefährdungen aufgrund von Tätigkeiten mit organischen Lösemittel bestehen besonders bei

- Hautkontakt (Aufnahme durch die Haut),
- Verschlucken,
- Spritzern in die Augen,
- Augenkontakt mit Dämpfen oder Aerosolen und
- Aufnahme der Dämpfe durch den Atemtrakt (in der Regel sind diese inhalativen Gefährdungen durch die geschlossene Anlagentechnik ausgeschlossen).

Brandgefahr bei Tätigkeiten mit organischen Lösemitteln besteht, wenn

- die Lösemittel einen Flammpunkt besitzen:
  - Extrem entzündbar sind Lösemittel, wenn ihr Flammpunkt unter 23 °C liegt und der Siedepunkt höchstens 35 °C beträgt.
  - Leicht entzündbar sind Lösemittel, wenn ihr Flammpunkt unter 23 °C liegt und der Siedepunkt über 35 °C beträgt.
  - Entzündbar sind Lösemittel mit einem Flammpunkt von mindestens 23 °C und höchstens 60 °C.
- mit dem Lösemittel offen umgegangen wird,
- die Lösemittel zum Reinigen von Behältern für oxidierend wirkende Chemikalien verwendet werden oder auf eine andere Art mit diesen in Kontakt kommen.

Die Menge der verwendeten Lösemittel beeinflusst die erforderlichen Schutzmaßnahmen.

Explosionsgefahr besteht besonders dann, wenn die Flüssigkeitstemperatur einer brennbaren Flüssigkeit nicht ausreichend (mindestens 15 K) unter dem Flammpunkt beziehungsweise nicht unter dem Unteren Explosionspunkt liegt, wenn brennbare Flüssigkeiten versprüht oder verspritzt werden (Aerosolbildung) oder bei der Verwendung von mit Lösemitteln getränkten Lappen.

Nähere Ausführungen zu Gefährdungen und Schutzmaßnahmen sind in der DGUV Information 209-088 „Reinigen von Werkstücken mit Reinigungsflüssigkeiten“ enthalten [35].

### 3.1.3 Dekapieren und Beizen

Als Dekapieren bezeichnet man kurzzeitiges Aktivieren von Metalloberflächen. Es wird meist als Zwischenstufe nach dem Entfetten und vor einer galvanischen Behandlung durchgeführt. Das Dekapieren soll alkalische Rückstände und vor allem Passivfilme entfernen.

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

Beim Dekapieren und Beizen werden anorganische Säuren, wie

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

und Gemische dieser Säuren in unterschiedlichen Konzentrationen eingesetzt.

Dekapieren ist das Behandeln in verdünnten Säurelösungen zur Aktivierung der Werkstückoberfläche (Oxidentfernung) unmittelbar vor der Weiterbehandlung.

Beim Dekapieren verursachen die eingesetzten Säuren und Laugen besonders bei handbeschickten Prozessen inhalative und dermale chemische Gefährdungen. Eine wirksame Absaugung reduziert die inhalative Gefährdung.

Mechanische Gefährdungen sind an Beschickungseinrichtungen und Trommelanlagen zu beachten; an Trommelanlagen existieren Gefährdungen durch Lärm.

Beim Beizen sind zunächst die gleichen Gefährdungen und Schutzmaßnahmen zu berücksichtigen wie beim Dekapieren.

Zusätzliche chemische Gefährdungen entstehen durch das Freiwerden nitroser Gase beim Beizen von Kupfer- und Kupferlegierungswerkstoffen mit salpetersäurehaltigen Lösungen, dem sogenannten „Brennen“. Eine wirksame Absaugung reduziert auch diese Gefährdungen, das heißt die Reizung der Atemwege durch nitrose Gase ebenso wie die Brand- und Explosionsgefahr durch den frei werdenden Wasserstoff. Eine Absaugung für die Erfassung brennbarer Gase, zum Beispiel Wasserstoff, oder Dämpfe brennbarer Flüssigkeiten muss entsprechend dem festgelegten explosionsgefährdeten Bereich geeignet ausgelegt sein.

## 3.2 Oberflächenbehandlungsverfahren

Bei den Verfahren in der elektrolytischen und chemischen Oberflächenbehandlung besteht ein gleichartiges oder ähnliches Gefahrenpotenzial wie bei den bisher beschriebenen Verfahren in der Vorbehandlung der Bauteile.

### 3.2.1 Hart- und Glanzverchromen von Bauteilen

#### Hartverchromen

Unter Hartverchromen versteht man die direkte Abscheidung von dickeren Chromschichten ohne Zwischenschicht auf die Bauteiloberfläche.

Beim Hartverchromen von Bauteilen verursachen die eingesetzten Chrom(VI)-Verbindungen hohe inhalative (Einatmen von Cr(VI)-haltigen Aerosolen), dermale und orale chemische Gefährdungen.

Eine wirksame Absaugung reduziert diese Gefährdungen und die Brand- und Explosionsgefahr durch den frei werdenden Wasserstoff. Eine Absaugung für die Erfassung brennbarer Gase, zum Beispiel Wasserstoff, oder Dämpfe brennbarer Flüssigkeiten, muss entsprechend dem festgelegten explosionsgefährdeten Bereich geeignet ausgelegt sein. Emissionsmindernde Maßnahmen wie der Einsatz von Netzmitteln verringern die inhalativen Gefährdungen.

Weiterhin sind Zündquellen zu vermeiden, zum Beispiel durch das Abschalten des Stroms beim Ein- und Ausfahren der Warenträger in die Prozessbehälter, bei dem sich Wasserstoff unter Schaumbildung entwickelt.

Elektromagnetische Felder gefährden nicht nur Personen mit aktiven Implantaten.

Mechanische Gefährdungen sind an Beschieckungseinrichtungen aufgrund der Warenträgerbewegungen und bei Trommelanlagen aufgrund offener Zahnradantriebe zu beachten.

#### Glanz-/Schwarzverchromen

Im Vergleich zum Hartverchromen werden beim Glanzverchromen/Schwarzverchromen überwiegend dünne Schichten  $< 1 \mu\text{m}$  abgeschieden. In der Regel werden vorher Zwischenschichten aus Kupfer oder Nickel aufgebracht. Die Elektrolyttemperatur beträgt ca.  $40^\circ\text{C}$ .

Beim Glanz-/Schwarzverchromen von Bauteilen sind die inhalativen (Einatmen von Cr(VI)-haltigen Aerosolen) Gefährdungen niedriger als beim Hartverchromen, die dermalen und oralen chemischen Gefährdungen sind mit den beim Hartverchromen auftretenden vergleichbar. Brand- und Explosionsgefahren durch frei werdenden Wasserstoff sind verfahrensbedingt niedriger als beim Hartverchromen.

Eine wirksame Absaugung reduziert diese Gefährdungen ebenso wie die Brand- und Explosionsgefahr durch den frei werdenden Wasserstoff. Eine Absaugung für die Erfassung brennbarer Gase, zum Beispiel Wasserstoff, oder Dämpfe brennbarer Flüssigkeiten muss entsprechend dem festgelegten explosionsgefährdeten Bereich geeignet ausgelegt sein. Zusätzlich werden die inhalativen Gefährdungen durch den Einsatz von Netzmitteln als emissionsmindernde Maßnahme verringert.

Mechanische Gefährdungen sind an Beschieckungseinrichtungen aufgrund der Warenträgerbewegungen und bei Trommelanlagen aufgrund offener Zahnradantriebe zu beachten.

Elektromagnetische Felder gefährden nur Personen mit aktiven Implantaten.

### 3.2.2 Galvanisches und chemisches Vernickeln

#### Galvanisches Vernickeln

Die Beschichtung erfolgt galvanisch, ausschließlich aus sauren, meist schwefelsauren, Elektrolyten. Die Elektrolyttemperatur beträgt in der Regel  $55^\circ\text{C}$  bis  $65^\circ\text{C}$ .



Nickelhaltige Aerosole und Säuredämpfe verursachen beim galvanischen Vernickeln inhalative und dermale chemische Gefährdungen.

Eine wirksame Absaugung reduziert diese Gefährdungen ebenso wie die vergleichsweise geringe Brand- und Explosionsgefahr durch den frei werdenden Wasserstoff. Eine Absaugung für die Erfassung brennbarer Gase, zum Beispiel Wasserstoff, oder Dämpfe brennbarer Flüssigkeiten muss entsprechend dem festgelegten explosionsgefährdeten Bereich geeignet ausgelegt sein.

Zusätzlich werden die inhalativen Gefährdungen durch den Einsatz von Netzmitteln als emissionsmindernde Maßnahmen verringert.

Elektromagnetische Felder gefährden nur Personen mit aktiven Implantaten.

Mechanische Gefährdungen sind an Beschickungseinrichtungen aufgrund der Warenträgerbewegungen und bei Trommelanlagen aufgrund offener Zahnradantriebe zu beachten.

An Trommelanlagen existieren auch Gefährdungen durch Lärm.

An den Behälterwandungen und Rohrleitungen liegen besonders thermische Gefährdungen durch heiße Oberflächen vor. Schutzmaßnahmen sind die Isolierung der Prozessbehälter sowie trennende Schutzeinrichtungen, wie Geländer, Bleche oder Verkleidungen.

### **Chemisches Vernickeln**

Das chemische Vernickeln erfolgt ohne Anlegen einer Fremdspannung, in der Regel mit Natriumhypophosphit als Reduktionsmittel. Die Elektrolyttemperatur beträgt ca. 85 °C bis 95 °C.

Nickelhaltige Aerosole und Säuredämpfe verursachen beim chemischen Vernickeln inhalative und dermale chemische Gefährdungen, frei werdender Wasserstoff führt zu Brand- und Explosionsgefahr. Im Vergleich zum Glanznickel-Verfahren (galvanisches Verfahren) besteht beim chemischen

Vernickeln eine verstärkte Wasserstoffentwicklung und Aerosolbildung, und damit eine erhöhte inhalative Gefährdung und Gefährdung durch Explosionsgefahr.

Eine wirksame Absaugung reduziert diese Gefährdungen ebenso wie die Brand- und Explosionsgefahr durch den frei werdenden Wasserstoff. Eine Absaugung für die Erfassung brennbarer Gase, zum Beispiel Wasserstoff, oder Dämpfe brennbarer Flüssigkeiten muss entsprechend dem festgelegten explosionsgefährdeten Bereich geeignet ausgelegt sein.

Emissionsmindernde Maßnahmen wie der Einsatz von Netzmitteln verringern die inhalativen Gefährdungen.

Mechanische Gefährdungen sind auch hier an den Beschickungseinrichtungen zu beachten. An den Behälterwänden und Rohrleitungen existieren große thermische Gefährdungen durch heiße Oberflächen.

### **3.2.3 Verkupfern – cyanidisch, sauer**

Das cyanidische Verkupfern erfolgt aus alkalischem, kupfercyanidhaltigen Elektrolyten. Als Alkalien werden Kaliumhydroxid oder Natriumhydroxid eingesetzt. Die Elektrolyttemperatur beträgt 35 °C bis 65 °C.

Beim cyanidischen Verkupfern besteht eine inhalative chemische Gefährdung durch Cyanwasserstoff, eine wirksame Absaugung und emissionsmindernde Maßnahmen wie der Einsatz von Netzmitteln reduzieren diese Gefährdung. Weitere Einflussfaktoren sind Kohlendioxideinschleppung bei längeren Stillstandzeiten oder das Einschleppen von Säuren.

Saure Kupferelektrolyte enthalten zumeist Salze der Schwefelsäure. Die Elektrolyttemperatur beträgt ca. 20 °C bis 35 °C. Eine Aerosolbildung findet nur bei luftbewegten Elektrolyten statt.

Elektromagnetische Felder gefährden Personen mit aktiven Implantaten; nur beim sauren Verkupfern mit pulsierendem Gleichstrom auch alle Beschäftigten.

Mechanische Gefährdungen sind an Beschickungseinrichtungen und an Trommelanlagen zu beachten. An Trommelanlagen existieren auch Gefährdungen durch Lärm, an den Behälterwänden und Rohrleitungen thermische Gefährdungen durch heiße Oberflächen.

### 3.2.4 Verzinken – cyanidisch, sauer, alkalisch

Beim cyanidischen Verzinken wird Zink galvanisch aus einem Elektrolyten, der aus Zinkoxid, Kaliumcyanid und Natriumhydroxid besteht, bei ca. 20 °C abgeschieden.

Es besteht eine inhalative chemische Gefährdung durch Cyanwasserstoff. Mit steigender Stromdichte steigen Wasserstoff- und Aerosolbildung und damit Brand- und Explosionsgefahren an. Eine wirksame Absaugung und emissionsmindernde Maßnahmen, wie der Einsatz von Netzmitteln, reduzieren diese Gefährdungen. Eine Absaugung für die Erfassung brennbarer Gase, zum Beispiel Wasserstoff, oder Dämpfe brennbarer Flüssigkeiten muss entsprechend dem festgelegten explosionsgefährdeten Bereich geeignet ausgelegt sein.

Das alkalische Verzinken basiert auf der Bildung des Zinkhydrokomplexes und wird bei Raumtemperatur betrieben. Gegenüber dem cyanidischen Verzinken besteht eine deutlich erhöhte Aerosolbildung sowie eine erhöhte Brand- und Explosionsgefahr an den Prozessbehältern und den Zinklösestationen; eine wirksame Absaugung und emissionsmindernde Maßnahmen wie der Einsatz von Netzmitteln reduzieren diese Gefährdungen.

Bei allen drei Verzinkungsverfahren gefährden elektromagnetische Felder nicht nur Personen mit aktiven Implantaten, beim alkalischen Verzinken mit pulsierendem Gleichstrom sind sogar alle Beschäftigten gefährdet.

Mechanische Gefährdungen sind an Beschickungseinrichtungen und Trommelanlagen zu beachten.

### 3.2.5 Veredeln mit Gold und Silber

Die elektrolytische Abscheidung von Goldüberzügen erfolgt aus cyanidischen und, seltener, sulfidischen Komplexen. Bei der cyanidischen Abscheidung wird als Goldelektrolyt ein Gold-Cyanid-Komplex eingesetzt, bei der sulfidischen Abscheidung ein Gold-Sulfid-Komplex. Bei der Abscheidung aus alkalischen Lösungen liegen die Temperaturen zwischen 45 °C und 70 °C, bei den schwach sauren bis stark sauren Elektrolyten um 35 °C bis 40 °C. Die Abscheidung von Silberüberzügen erfolgt hauptsächlich aus cyanidhaltigen, alkalischen Elektrolyten und bei Raumtemperatur.

Bei der galvanischen Abscheidung von Gold- und Silberüberzügen aus cyanidischen Elektrolyten bestehen inhalative und dermale Gefährdungen sowie Brand- und Explosionsgefahren durch die Bildung von giftigem, extrem entzündbarem Cyanwasserstoff; eine geschlossene Anlage (Durchlaufanlage) und eine wirksame Absaugung reduzieren diese Gefährdung. Zusätzlich werden die inhalativen Gefährdungen durch den Einsatz von Netzmitteln als emissionsmindernde Maßnahmen verringert.

Warenträgerbewegungen an Beschickungseinrichtungen und Trommelanlagen verursachen mechanische Gefährdungen. An Bandanlagen bestehen Einzugsstellen, zum Beispiel an Ab- und Aufwicklern.

Elektromagnetische Felder in der Nähe von Wechselrichtern oder Gleichrichtern gefährden Personen mit aktiven Implantaten.

### 3.2.6 Verzinnen – sauer und alkalisch

Das elektrolytische Verzinnen findet unter Verwendung von schwefelsauren Elektrolyten bei 20 °C bis 40 °C und aus alkalischen Elektrolyten bei 75 °C bis 85 °C statt.

Beim Verzinnen bestehen in der Hauptsache dermale Gefährdungen bei Kontaktmöglichkeiten zum Elektrolyten. Inhalative Gefährdungen sind bei Anwendung geschlossener Durchlaufanlagen gering.

An heißen Oberflächen und Rohrleitungen (alkalische Elektrolyte) bestehen thermische Gefährdungen. An Band- und Drahtverzinnungsanlagen treten mechanische Gefährdungen an Ein- und Auslaufstellen von Wickleinrichtungen auf.

Elektromagnetische Felder in der Nähe von Wechselrichtern oder Gleichrichtern gefährden Personen mit aktiven Implantaten.

### 3.2.7 Phosphatieren

Phosphatieren als außenstromlose, chemische Oberflächenbehandlung dient als Korrosionsschutz, Haftgrund für Lacküberzüge und Kunststoffbeschichtungen sowie zur Verbesserung von Oberflächeneigenschaften. Die Elektrolyte bestehen aus Zinkphosphaten, freier Phosphorsäure und Nitriten, Nitraten, Chloraten oder Boraten. Die Prozesstemperaturen liegen zwischen 20 °C und 50 °C.

Bei der chemischen Oberflächenbehandlung in Phosphatierlösungen bestehen Haut- und Augenverätzungsgefahren, wenn direkt an manuell bedienten Prozessbehältern gearbeitet wird.

Beim Heißphosphatieren bis 95 °C besteht eine hohe Gefährdung durch Verbrennungen beim möglichen Verspritzen von Elektrolyt und an heißen Oberflächen (Behälterwandung, Rohrleitungen). Mechanische Gefährdungen bestehen durch Quetsch- und Scherstellen an automatisierten Anlagen durch kraftbetätigte Bewegungen der Beschickungseinrichtungen oder Warenträger.

### 3.2.8 Eloxieren

Als Eloxieren wird die anodische Oxidation von Aluminium bezeichnet, mit der verschleißfeste Oxidschichten erzeugt werden. Beim Eloxieren wird zwischen dem Schwefelsäureverfahren bei 4 °C bis 22 °C und dem Oxalsäureverfahren bei 20 °C bis 60 °C unterschieden.

Bei der anodischen Oxidation von Aluminium nach dem Schwefelsäureverfahren bestehen inhalative Gefährdungen durch Schwefelsäureaerosole. Wegen der hohen Wasserstoffentwicklung an der Kathode ist die Aerosolbildung verfahrensbedingt sehr hoch und findet über der gesamten Elektrolytoberfläche statt.

Eine wirksame Absaugung reduziert diese Gefährdungen ebenso wie die Brand- und Explosionsgefahr durch den frei werdenden Wasserstoff. Eine Absaugung für die Erfassung brennbarer Gase, zum Beispiel Wasserstoff, oder Dämpfe brennbarer Flüssigkeiten, muss entsprechend dem festgelegten explosionsgefährdeten Bereich geeignet ausgelegt sein.

Zündquellen sind zu vermeiden, zum Beispiel durch das Abschalten des Stroms beim Ein- und Ausfahren der Warenträger in die Prozessbehälter, bei dem sich Wasserstoff unter Schaumbildung entwickelt.

Zusätzlich werden die inhalativen Gefährdungen durch den Einsatz von Netzmitteln als emissionsmindernde Maßnahme verringert.

Hautgefährdungen existieren aufgrund von Kontaktmöglichkeiten zum Elektrolyten bei manuell bedienten Prozessen oder handbedienten Krananlagen.

Thermische Gefährdungen bestehen durch heiße Oberflächen, Rohrleitungen und Medien an den Heißverdichtungen.

Elektromagnetische Felder in der Nähe von Wechselrichtern oder Gleichrichtern gefährden Personen mit aktiven Implantaten.

### 3.3 Nachbehandlungsverfahren

#### 3.3.1 Passivieren/Chromatieren

Beim Chromatieren und Passivieren wird auf der Zinkoberfläche stromlos eine Passivierungsschicht erzeugt, die dem Korrosionsschutz dient und die Lackhaftung bei nachträglicher Lackierung verbessert.

Man unterscheidet beim Chromatieren zwischen gelben, olivfarbenen, blauen und schwarzen Deckschichten. Die Elektrolyttemperatur beträgt ca. 20 °C. Bei Verwendung von Salpetersäure ist mit der Bildung nitroser Gase wie Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid (NO, NO<sub>2</sub>) zu rechnen. Beim Blaupassivieren werden dreiwertige Chromverbindungen (Chromsulfat) teilweise unter Zusatz von Kobaltsulfat eingesetzt.

Beim Chromatieren bestehen inhalative und dermale Gefährdungen bei direktem Kontakt mit dem Chrom(VI)-Elektrolyten, z. B. bei manuell bedienten Prozessen oder handbedienten Krananlagen. Die inhalative Gefährdung ist gering, wenn das Einatmen von Cr(VI)-haltigen Aerosolen oder Cobalt-Aerosolen aus Passivierungen betrachtet wird, da es zu keiner nennenswerten Aerosolbildung kommt. Bei Chromatierungen mit Salpetersäure können aber relevante Stickoxidkonzentrationen (NO, NO<sub>2</sub>) in der Luft am Arbeitsplatz entstehen.

Eine wirksame Absaugung und der Einsatz von Netzmitteln als emissionsmindernde Maßnahme reduzieren die inhalativen Gefährdungen.

Mechanische Gefährdungen bestehen durch Quetsch- und Scherstellen an automatisierten Anlagen durch kraftbetätigte Bewegungen der Beschickungseinrichtungen oder Warenträger und Trommelanlagen.

#### 3.3.2 Entmetallisieren (Entchromen)

Das Entmetallisieren dient der Entschichtung von Gestellen und Gestellkontakten von Metallschichten, und der Entfernung fehlerhafter Beschichtungen.

Je nach eingesetztem Gefahrstoff, Verfahren, chemischem oder galvanischem Entmetallisieren bestehen unterschiedliche inhalative und dermale Gefährdungen. Nachteilig ist die Entwicklung von gefährlichen Gasen und Dämpfen, zum Beispiel giftige nitrose Gase beim Einsatz von Salpetersäure. Eine wirksame Absaugung am Elektrolyten mindestens mit halboffener Erfassung oder mit Kabine reduziert diese Gefährdungen.

Bei den überwiegend manuell bedienten Prozessen besteht eine besondere Kontaktmöglichkeit zu ätzenden Entmetallisierlösungen. Besonders bei Arbeiten mit Säuren und Cyaniden muss persönliche Schutzausrüstung getragen werden.

Elektromagnetische Felder in der Nähe von Wechselrichtern oder Gleichrichtern gefährden Personen mit aktiven Implantaten.

#### 3.3.3 Brünieren

Beim Brünieren, das in der Regel bei Temperaturen von ca. 130 °C durchgeführt wird, müssen die Teile trocken in den Prozessbehälter eingebracht werden. Der Eintrag von Wasser, auch in kleinsten Mengen (Spritzer) ist zu vermeiden. Beim Aufheizen und durch Entmischung ist bei diesen Prozessflüssigkeiten mit Siedeverzug zu rechnen.

## 4 Absaugung und Lüftung

Arbeitgeberinnen und Arbeitgeber müssen entsprechend dem Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung bei der elektrolytischen und chemischen Oberflächenbehandlung für eine wirksame Absaugung an den Prozessbehältern (Abb. 4.1 und Abb. 4.2) und für eine ausreichende Hallenbelüftung sorgen, falls erforderlich durch eine raumlufttechnische Maßnahme.



Abb. 4.1 Prozessbehälter mit Randabsaugung



Abb. 4.2 Abgedeckte Prozessbehälter mit Randabsaugung

Bei welchen Prozessen zwingend eine Absaugung erforderlich ist, muss in der dokumentierten Gefährdungsbeurteilung festgelegt sein. Das Ziel ist in erster Linie, die vom Gesetzgeber vorgeschriebenen Grenzwerte für die Luft an Arbeitsplätzen (Arbeitsplatzgrenzwerte, Beurteilungsmaßstäbe etc.) einzuhalten.

Die DGUV Regel 109-602 „Branche Galvanik“ [4] unterstützt Arbeitgeber und Arbeitgeberinnen bei der Erstellung der Gefährdungsbeurteilung.

Die Absaugung als Teil der technischen Lüftung wird nach dem Stand der Technik auf Grundlage der DIN EN 17059 [17] oder der VDI 2262 Blatt 4 [37] ausgelegt.

Eine technische Raumlüftung (RLT-Anlage) wird dann erforderlich, wenn es zum Beispiel zu Zuglufterscheinungen im Betrieb kommt, die Luftgrenzwerte nicht eingehalten werden oder die Luftbilanz im Raum unausgeglichen ist (Zu- und Abluftmengen sind nicht aufeinander abgestimmt).

Eine entsprechende Prüfung der Wirksamkeit von Absaug- und Lüftungsmaßnahmen sollte generell durch eine Fachfirma erfolgen.

Die Absaugkanäle müssen regelmäßig gereinigt werden, damit der Absaugquerschnitt nicht reduziert wird, zum Beispiel durch Aufsatzungen. Von den Verantwortlichen im Betrieb sind im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung entsprechende Reinigungs- und Kontrollintervalle festzulegen. Diese können je nach Grad der Verschmutzung von täglicher Kontrolle bis zu halbjährlicher oder jährlicher Kontrolle variieren.

Unabhängig davon müssen Besonderheiten (starke Verkrustung an den Ansaugöffnungen, Ablagerungen in Leitungen, schadhafte Abluftleitungen) den Vorgesetzten gemeldet werden. Das gilt auch, wenn der Eindruck entsteht, dass die Absaugung oder Lüftung nicht funktioniert oder nicht ausreichend wirksam ist.

Als Anhaltspunkt kann mit einem Strömungsprüfröhrchen oder alternativ mit einem Wollfaden oder einem Blatt Papier geprüft werden, ob überhaupt noch eine Absaugleistung vorhanden ist.

Die Prüfung durch eine zur Prüfung befähigte Person wird dadurch jedoch nicht ersetzt. Durch eine Messung ist unter anderem festzustellen, ob die im Rahmen der Auslegung projektierte Abluftleistung vorhanden ist und ob die Sollwerte eingehalten wurden. Im Rahmen der vorbeugenden Instandhaltung und Wartung der Abluftanlage sind Prüfintervalle, Durchführung der Prüfungen und Dokumentationen auch ein wesentlicher Bestandteil der Gefährdungsbeurteilung.

Die Person, die die Anlage bedient, muss darauf achten, dass die Lüftungsanlage eingeschaltet und wirksam ist. Dazu ist zum Beispiel auf Strömungswächter, Differenzdruckmessgeräte, Drehüberwachung des Ventilators oder andere Anzeigergeräte zu achten. Unregelmäßigkeiten im Betriebsablauf, wie veränderte, zumeist hohe Absauggeräusche, schadhafte Abluftleitungen, zusätzliche Austritte von Dämpfen und Nebel aus den Absaugkanälen oder am Prozessbehälter, sind umgehend den Vorgesetzten zu melden.

#### 4.1 Schutzmaßnahmen gegen inhalative Gefährdungen

Diese Maßnahmen verhindern, dass gesundheits-schädigende einatembare Gefahrstoffkonzentrationen in der Luft an Arbeitsplätzen entstehen.

Generell wird daher zunächst geprüft, ob überhaupt ein Gefahrstoffeinsatz nötig ist, bei dem gesundheitsschädigende Konzentrationen in der Luft auftreten. Der Einsatz eines ungefährlicheren Ersatzstoffs oder die Wahl eines Verfahrens, bei dem keine oder weniger Gefahrstoffe in die Luft entweichen können, sollten dabei erste Priorität haben. Diese sogenannte Substitution muss von Arbeitgeberinnen und Arbeitgebern geprüft und dokumentiert sein.

Zu den emissionsmindernden Verfahren gehören zum Beispiel der Einsatz von Netzmitteln oder Schwimmkörpern und die Kathodenumhüllung beim Eloxieren. Dadurch werden die Gefahrstoffemissionen gesenkt, und die technische Lüftung kann mit verringerter Leistung ausgelegt werden.

Lassen sich gesundheitsschädigende Gefahrstoffkonzentrationen durch eine Substitution nicht verhindern, müssen zunächst absaugtechnische Maßnahmen an der Entstehungsstelle (am Prozessbehälter) und gegebenenfalls raumlufttechnische Maßnahmen ergriffen werden.

Hinsichtlich ihrer Effektivität können Absaugmaßnahmen an Prozessbehältern wie folgt unterschieden werden:

- Absaugung über ein geschlossenes System, z. B. Lüftungskabine an den Transportwagen
- Randabsaugung mit Verdeckelung der Behälteroberfläche
- Randabsaugung

Je umfassender eine Absaugerfassung den Prozess umschließt, desto wirksamer ist die Absaugung.

#### 4.2 Schutzmaßnahmen gegen Explosionen

Bei einigen Prozessen in der Galvanotechnik und beim Eloxieren entweicht an der Kathode Wasserstoff.

Zur Beurteilung der Explosionsgefahr ist die Entstehung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre maßgeblich. Diese setzt sich aus den beiden Komponenten brennbares Gas und Sauerstoff zusammen.

Die Menge an brennbarem Gas, in diesem Fall Wasserstoff, ergibt sich bei elektrolytischen Prozessen aus der Stromstärke und dem Wirkungsgrad. Er beträgt 100 %, wenn die Menge Metall abgeschieden wird, die sich physikalisch ergibt. Liegt der kathodische Wirkungsgrad unter 100 %, entfällt der restliche Stromanteil auf ungewünschte Nebenreaktionen wie das Entwickeln von Wasserstoff an der Kathode.

Aus dem zur Elektrolyse zur Verfügung stehenden Strom und der Faraday'schen Konstante lässt sich der Volumenstrom an Wasserstoff berechnen. Bei Kenntnis des Luftvolumenstroms der Absaugmaßnahmen, der den entstehenden Wasserstoff

verdünnt, kann berechnet werden, ob die untere Explosionsgrenze für Wasserstoff unterschritten wird.

Bei folgenden Verfahren ist zum Beispiel die Entwicklung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre möglich (siehe auch Abschnitt 3):

- Verchromen
- Elektrolytisches Entfetten
- Elektrolytisches Polieren/Glänzen
- Eloxieren
- Nickelstrike (Nickelaktivierung) als Sonderfall des Vernickelns
- Chemisches Glänzen
- Beizen von Aluminium

Die notwendigen Schutzmaßnahmen sind von den Verantwortlichen im Unternehmen im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung festzulegen und im Explosionsschutzdokument zu dokumentieren. In diesem Dokument werden die Ex-Zonen, die die Wahrscheinlichkeit des Auftretens explosionsfähiger Atmosphäre ausdrücken, in einem Zonenplan abgebildet und bezeichnet.

Unter anderem sind dann folgende Maßnahmen möglich:

- wirksame Absaugung am Prozessbehälter, mit Verriegelung von Absaugung und elektrischer Stromversorgung (Gleichrichter)
- raumlufttechnische Maßnahmen (Hallen Zu- und Abluft)
- Verhinderung von Abreißfunken beim Ein- und Ausfahren der Ware
- Auswahl Ex-geschützter elektrischer Betriebsmittel entsprechend der jeweiligen Zone
- Kennzeichnung der Zonen
- organisatorische Maßnahmen (Alarmplan, Betriebsanweisung etc.)
- regelmäßige Prüfung von Absaugung und Lüftung durch eine zur Prüfung befähigte Person

Eine Absaugung für die Erfassung brennbarer Gase, zum Beispiel Wasserstoff, oder Dämpfe brennbarer Flüssigkeiten, muss entsprechend dem festgelegten explosionsgefährdeten Bereich geeignet ausgelegt sein.

# 5 Elektrische Anlagen/elektrische Gefährdungen/elektromagnetische Felder

Schäden an elektrischen Betriebsmitteln und Anlagen wie Pumpen, Motoren, Leuchten, Leitungen, Steckern, Gehäusen und Kabeleinführungen, usw. sind umgehend den Vorgesetzten zu melden. An elektrischen Betriebsmitteln, Anlagen und Einrichtungen darf grundsätzlich nur eine Elektrofachkraft Arbeiten durchführen.

Bei feuchten und nassen Umgebungsbedingungen (d. h. in feuchten und nassen Räumen) ist aufgrund von direktem oder indirektem Berühren in Bereichen mit mehr als 30V Gleichspannung oder 12V Wechselspannung mit einem elektrischen Schlag zu rechnen.

Bei feuchten und nassen Umgebungsbedingungen (d. h. in feuchten und nassen Räumen) ist ein Schutz gegen indirekten und direktes Berühren nicht erforderlich, wenn die Nennspannung (Sicherheitskleinspannung oder Schutzkleinspannung) 30V Gleichspannung oder 12V Wechselspannung nicht überschreitet.

Die für den galvanischen Prozess erforderlichen Spannungen sind im Allgemeinen so niedrig, dass beim Berühren eines Pols durch den Menschen kein gefährlicher Körperstrom fließt. Wenn jedoch beide Leiter durch Metalle überbrückt werden, zum Beispiel durch elektrisch leitende Werkzeuge, wie Schraubendreher, Schraubenschlüssel oder herabgefallene Werkstücke, kann es aufgrund der hohen Stromstärken zu einem Lichtbogen kommen. Die bei einem Lichtbogen entstehenden Temperaturen können Metalle und Kunststoffe schlagartig oder explosionsartig schmelzen und verdampfen lassen. Bei einem Lichtbogen entstehen sehr heiße Dämpfe und flüssige Metall- und Kunststoffpartikel, die zu schwersten Verletzungen der Haut und Atemwege führen können. Lichtbögen können auch Zündquellen für Brände darstellen.

Abhängig von den Prozessen in der Galvanik liegen auch Gefährdungen durch elektromagnetische Felder, besonders in der Nähe von Wechselrichtern/Gleichrichtern und stromführenden Bauteilen (z. B. Schienen), vor.

Eine Gefährdung aller Beschäftigten entsteht beim Einsatz hoher Stromdichten und Sollstromstärken sowie bei der Verwendung von gepulstem Strom.

Eine besonders hohe Gefahr besteht für Personen mit aktiven Implantaten (z. B. Herzschrittmacher) aufgrund der hohen elektromagnetischen Felder.

Die in Abhängigkeit von der Stärke der auftretenden elektromagnetischen Felder bestehenden unterschiedlichen Gefahrenbereiche sind zu kennzeichnen und die Kennzeichnungen sind zu beachten.

In der Galvanik dürfen nur speziell für diese besondere Umgebung zulässige elektrische Betriebsmittel wie Leuchten, Fassungspumpen, Tauchbadwärmer usw. eingesetzt werden. Diese Betriebsmittel sind unter Berücksichtigung von Spritz- oder Strahlwasserschutz und/oder Explosionsschutz auszuwählen (Abb. 5.1).



Abb. 5.1

Die Elektroausstattung in der erforderlichen IP-Schutzart; anzuwenden ist die VDE 0113-1 (Elektrische Ausrüstung von Maschinen Abschnitt 13 „Verdrahtungstechnik“ [38])



# 6 Schutzmaßnahmen gegen Brände

Die grundlegende Maßnahme gegen Brände ist die Ausstattung der Produktionsstätte mit Feuerlöschern. Handfeuerlöscher sind zur Bekämpfung von Entstehungsbränden vorgesehen, das heißt dazu, Kleinbrände nach dem Erkennen sofort zu bekämpfen und zu löschen. Zwar gibt es auch größere Geräte wie die fahrbaren 50 kg-Löcher; auch diese können jedoch nur bedingt zum Löschen größerer Brände eingesetzt werden. Bei den Löschmitteln gibt es Entwicklungen, die den Standard-Löcher mit Löschpulver ersetzen sollen. Um die großen Kollateralschäden aufgrund der korrosiven Wirkung des Löschpulvers zu vermeiden, werden vermehrt Schaum- und Wasserlöscher eingesetzt. Beim Löschen von Elektrobränden hat sich der CO<sub>2</sub>-Löcher durchgesetzt. So können kleine Schwelbrände, zum Beispiel an einem Schaltschrank, schnell gelöscht werden. Achten Sie darauf, dass die Standorte der Feuerlöscher deutlich gekennzeichnet sind, damit im Notfall nicht gesucht werden muss. Die Feuerlöscher müssen gut zugänglich und gegen Anfahrtschäden geschützt sein.

Neben den ortsbeweglichen Löschern gibt es auch die Möglichkeit, mit ortsfesten Anlagen Brände zu löschen. Das sind in erster Linie die Sprühlöschanlagen, die weitaus geringere Wassermengen als Sprinkler benötigen und dadurch auch geringere Wasserschäden verursachen. Für speziell zu sichernde Räume wie Gleichrichterräume oder Steuerschränke bieten sich auch Gaslöschanlagen, zum Beispiel mit CO<sub>2</sub>, an. Wegen der Sauerstoffverdrängung muss bei der Verwendung dieser Anlagen auf den Schutz der Beschäftigten geachtet werden.

Brände müssen rechtzeitig detektiert und gemeldet werden. In den Zeiten, in denen sich keine Beschäftigten in den Galvanik-Bereichen aufhalten oder an Orten, an denen sich üblicherweise niemand aufhält, ist das automatische Erkennen und Melden, zum Beispiel durch Rauchmelder und Brandmeldeanlagen, wichtig.

Ein wichtiger Bestandteil des Gesamtsystems ist auch die Überwachung von Bauteilen. Über Temperaturfühler können außergewöhnliche Temperaturen früh erkannt werden, zum Beispiel an Motoren oder Kontaktböcken. Ein dauerhaftes Monitoring ist zwar oft nicht möglich; grundlegend können jedoch organisatorische Maßnahmen wie Stichproben (vom Handauflegen bis zur Thermografie) umgesetzt werden.

Eine Schädigung und Überhitzung von Pumpen kann durch einen Trockengehschutz vermieden werden, dessen Funktion regelmäßig geprüft werden muss.

Ein häufiger Ausgangspunkt für Brände sind die elektrischen Tauchbadwärmer. Wenn es keine alternative Beheizungsmöglichkeit durch Warmwasser oder Thermoöl gibt, muss darauf geachtet werden, dass die Bauteile der elektrischen Tauchbadwärmer zuverlässig sind und dass kein Überhitzen möglich ist. Schwimmer und Niveauschalter müssen regelmäßig kontrolliert und ihre Funktion bei der Weiterleitung von Signalen muss sichergestellt werden, wenn der Inhalt der Prozessbehälter auch im unbeaufsichtigten Betrieb hochgeheizt wird.

Zu den organisatorischen Maßnahmen gehören neben Schulung und Sensibilisierung der Beschäftigten auch die richtige Wartung und Instandhaltung.

Aufgrund ihrer theoretischen und praktischen Ausbildung können Brandschutzhelferinnen und Brandschutzhelfer kleine Entstehungsbrände selbst löschen.

Eine wichtige Schutzmaßnahme ist auch die vorbeugende Instandhaltung.

Die Kontrolle aller stromführenden Bauteile, Stromschiene/-kabel, Verschraubungen und die Reinigung der Kontaktböcke verhindert hohe Übergangswiderstände und Erwärmungen. Thermografische Untersuchungen der Schaltschränke und anderer Bauteile mit der Wärmebildkamera ermöglichen es, Hot-Spots zu erkennen, bevor sie zu weitreichenden Problemen führen. Brände entstehen zum Beispiel auch an unterdimensionierten Gestellen oder Halterungen, bei denen zu hohe Übergangswiderstände zu unzulässig hohen Erwärmungen führen können. Korrosion und Versalzen führen oft zu erhöhten Widerständen, bei Flexkabeln (z. B. an Stationen mit Warenbewegungen) gibt es Litzenbrüche und bei Kabeln oft innere Korrosion, wenn Chemikalien durch ungeschickte Anbringung ins Kabel laufen können.

Im Brandfall ist es sehr wichtig, die Feuerwehr entweder telefonisch oder über eine automatische Brandmeldeanlage schnell zu alarmieren.

Die Räumlichkeiten mit ihren Besonderheiten sind der Feuerwehr durch regelmäßige Begehungen kenntlich zu machen. Dazu gehören die Art und Lagerung der eingesetzten Gefahrstoffe, die Gefahrenschwerpunkte, die Orte der Haupteinspeisungen, der Löschwasserrückhaltung, etc.

# 7 Abwasserbehandlung und Abfall

Nicht mehr verwendbare Chemikalien, verbrauchte Prozessbehälter, angefallene Schlämme, Sedimente, Spülflüssigkeiten und sonstige Abfälle (z. B. Filterkerzen) sind einer ordnungsgemäßen Verwertung/Beseitigung zuzuführen (Abb. 7.1).



Abb. 7.1 Abwasserbehandlungsanlage

Wenn die technischen Möglichkeiten gegeben sind, kann die Verwertung/Beseitigung im Betrieb selbst erfolgen. In diesem Fall ist die Abwasserbehandlung (Oxidation, Reduktion, Neutralisation, Fällung, ggf. Trocknung) ein wesentlicher Bestandteil des Produktionsablaufs. Cyanidische und chromhaltige Abwässer müssen gesondert vorbehandelt/behandelt werden. Bei geringen Abwassermengen haben sich auch Verdampfer zur Mengenreduzierung bewährt. Die dabei anfallenden Konzentrate können extern entsorgt oder wiederverwertet werden.

In diesem Bereich und bei den damit verbundenen Tätigkeiten treten dieselben Gefährdungen auf wie bei der eigentlichen Produktion und es gelten dieselben Schutzmaßnahmen. Besonders die chemischen Gefährdungen (Ätzwirkung, Toxizität etc.) durch die eingesetzten Chemikalien sind zu beachten. Durch ungewollte Vermischungen kann es zu heftigen Reaktionen unter Gasbildung oder zu exothermen Reaktionen kommen. Die korrekte, genau vorgegebene Zugabe von Gefahrstoffen (Zusatzstoffe, wie Fällungs- und/oder Reduktionsmittel) bei der Chargen- oder Durchlaufbehandlung kann die Gefährdungen deutlich reduzieren. Alle Lager- und Dosierbehälter müssen korrekt mit

Inhalt und gegebenenfalls Gefahrenpiktogramm gekennzeichnet sein, besonders dann, wenn daraus auch in kleinere Gebinde abgefüllt wird.

Moderne Steuerungen führen einen Teil der Abwasserbehandlung vollautomatisch durch, hier sind dann nur noch Kontrollmessungen zur Überprüfung erforderlich. Die Substitution von Feststoffen durch Flüssigchemikalien (z. B. Flockungshilfsmittel, Kalkmilch etc.) mit Dosiersystemen reduziert die Gefährdungen durch Staub. Außerdem werden die Gefährdungen durch Absturz in den Prozessbehälter verringert, weil die manuelle Zugabe von Feststoffen entfällt. Dosiersysteme reduzieren darüber hinaus die Belastungen des Körpers, die aufgrund des händischen Umgangs mit den zum Teil schweren Säcken entstehen.

In Behältern und Rohrleitungen, die neutrale Abwässer mit Ölen und Fetten enthalten (z. B. Entfettungen, Kühlschmiermittel), können sich Kulturen von Mikroorganismen (Hefen, Pilze, Schimmel usw.) bilden. Das macht sich durch einen unangenehmen Geruch bemerkbar, der vom offenen Behälter ausgeht. Dieser Befall kann durch Hygienemaßnahmen und durch geeignete technische Maßnahmen, wie Umwälzungen zur Verhinderung von Filmbildung an der Flüssigkeitsoberfläche, bekämpft werden.

Anfallende Abfälle müssen immer deutlich und nachvollziehbar (möglichst mit Angabe der Abfallschlüsselnummer) gekennzeichnet sein, um auch hier Verwechslungen zu verhindern. Stoffliche Trennungen können zu hochwertigen Abfällen (z. B. Metallhydroxidschlämme und Konzentrate) führen, für die teilweise auch Erlöse erwirtschaftet werden können.

Es fällt auch eine Vielzahl von Leergebinden der eingesetzten Stoffe und Gemische an. Bei größeren Mengen lohnt sich auch hier die Bereitstellung im Tank. Die entsprechenden Lagervorschriften und Sicherungen gegen Überfüllen müssen beachtet werden.

Mehrweg-Leergebinde wie IBC-Container, Fässer, Ballons und Kanister sollten restentleert und fachgerecht gereinigt werden. Sollen entleerte und gesäuberte Einweg-Blech- oder Kunststoffgebinde (z. B. ausreichend gespült und vor Wiederverwendung kontrolliert) intern als Abfalleimer weiterverwendet werden, müssen die ursprünglichen Gefahrenkennzeichen entfernt oder unkenntlich gemacht werden. Auch Behälter für Abfälle müssen, soweit sie Gefahrstoffe enthalten und Tätigkeiten mit ihnen durchgeführt werden, ausreichend gekennzeichnet sein. Darüber hinaus sollten alle Gebinde, die oxidierende Stoffe enthalten haben, nicht weiter- oder wiederverwendet werden, da es sonst zu gefährlichen Wechselwirkungen kommen kann. Das gilt besonders für das unkontrollierte Befüllen mit Abfällen oder anderen Chemikalien. Werden leere Gebinde entsorgt, müssen gegebenenfalls die Gefahrgutvorschriften beachtet werden.

Bei der Schlammentwässerung werden in der Regel Kammerfilterpressen eingesetzt. Sind sie automatisiert (z. B. Plattentransport), sind die mechanischen Gefährdungen zu berücksichtigen und die eingesetzten berührungslos wirkenden Schutz Einrichtungen, wie Lichtschranken, regelmäßig zu prüfen. An den meist auf Podesten stehenden Pressen können sich auch Absturzstellen, sowohl nach innen in die Abfallbehälter hinein als auch nach außen in die Umgebung, ergeben. Diese Gefährdungen sind durch geeignete Absturzsicherungen/Geländer zu verhindern.

### **Hinweis**

Zusätzlich gibt es Anforderungen aus den Umweltvorschriften und örtlichen Vorschriften (z. B. kommunale Satzungen, Abwassereinleitung, Abfallentsorgung, Gefahrguttransport). Es empfiehlt sich, die erforderlichen Maßnahmen im Kontakt mit den zuständigen Behörden zu realisieren, in Betriebsanweisungen festzulegen und ihre Durchführung zu überwachen. In Abhängigkeit von der Abfallmenge muss der Betrieb eigene Abfallbeauftragte und/oder Gefahrgutbeauftragte bestellen und ausbilden lassen. Häufig kümmert sich auch der oder die Abwasserbeauftragte um die Dokumentation der Abfallentsorgung mit Übernahme- und Begleitscheinen zur korrekten Nachweisführung gemäß Kreislaufwirtschaftsgesetz.

# 8 Lagerung und innerbetrieblicher Transport

Beim Lagern und innerbetrieblichen Transportieren können schwere und tödliche Unfälle verursacht werden, besonders durch Verwechslungen von Gefahrstoffen.

### **Hierzu ein Beispiel:**

*In einem Galvanikbetrieb sollte ein cyanidischer Kupferelektrolyt mit alkalischem Glanzzusatz nachgeschärft werden. Bei dieser Tätigkeit kam es zu einer Blausäureentwicklung. Mehrere Beschäftigte mussten ins Krankenhaus eingeliefert werden. Einer von ihnen erlitt eine tödliche Vergiftung. Ursache war, dass der Hersteller den Glanzzusatz sowohl in saurer als auch in alkalischer Zubereitung in gleichfarbige Gebinde abgefüllt und geliefert hatte. Die Gebinde waren im Lager zusammen gelagert worden. Bei der Entnahme hatten sich die Beschäftigten nur an der Gebindefarbe orientiert, nicht jedoch an der an sich völlig korrekten Sicherheitskennzeichnung.*

Gefährliche Gase, die durch Verwechslung entstehen können, sind:

- Cyanwasserstoff (Blausäure)  
Cyanwasserstoff entsteht beim Zusammenführen von cyanidischen und sauren Lösungen, z. B. auch in den Auffangwannen unter den Prozessbehältern.
- Chlorgas  
Chlorgas entsteht, wenn Natriumhypochlorit unkontrolliert mit sauren Lösungen zusammenkommt, z. B. in Abwasseranlagen.
- Nitrose Gase  
Nitrose Gase entstehen bei der Reaktion von Salpetersäure ( $\text{HNO}_3$ ) mit Metallen, anderen Säuren oder organischen Materialien, z. B. Holzpaletten, Putzwolle, Baumwolllappen, Pappkartons.

Zum Schutz vor solchen Verwechslungen ist die Kennzeichnung der Gebinde sorgsam zu kontrollieren und zu beachten. Man darf sich nicht nur auf die Farbe von Fässern, Kanistern, Säcken usw. verlassen.

Die Kennzeichnung der Gebinde enthält auch erste Hinweise auf Schutzmaßnahmen wie „Augenschutz tragen!“, und Sicherheitshinweise wie „Nicht einatmen!“. Die entsprechenden Betriebsanweisungen sind zu beachten.

Bei der Lagerung ist sicherzustellen, dass nicht alle Stoffe miteinander gelagert werden dürfen. Dazu gibt es Zusammenlagerungsverbote für die verschiedenen Lagerklassen. Das hängt damit zusammen, dass manche Stoffe im Unglücksfall, zum Beispiel, wenn Behälter undicht werden oder Gebinde auslaufen, gesundheitsgefährliche Dämpfe bilden oder unkontrolliert miteinander reagieren. Zusätzlich zur Berücksichtigung der Lagerklassen müssen immer auch mit chemischen Sachverstand Hinweise auf mögliche gefährliche Reaktionen (z. B. im Sicherheitsdatenblatt oder Gefahrstoffdatenbanken wie GESTIS oder GisChem) berücksichtigt und entsprechende Lagerbereiche – einschließlich der gemeinsamen Entwässerungseinrichtung – ausgewiesen werden. Ein Beispiel dafür sind Säuren und Laugen, die trotz gleicher Lagerklasse gefährlich miteinander reagieren können.

Regeln für das Lagern und den Transport sind zum Beispiel in der Gefahrstoffverordnung [1], TRGS 509 [39], TRGS 510 [40], in den Transportvorschriften des Bundes (GGVSEB) [41], im BG RCI Merkblatt M062 „Lagerung von Gefahrstoffen“ [42] und im BG RCI Merkblatt M063-1 „Zusammenlagerung von Gefahrstoffen“ [43] enthalten.

Für den nicht innerbetrieblichen Teil des Transports müssen die nationalen und internationalen Transportvorschriften beachtet werden, wie das Gefahrgutbeförderungsgesetz (GG BefG) [44], die Gefahrgutverordnung Straße, Eisenbahn und Binnenschifffahrt (GGVSEB) [45] und das Europäische Übereinkommen über den Transport gefährlicher Güter auf der Straße (ADR) [46]. Einen Überblick über diese Vorschriften bieten die DGUV Information 213-052 „Beförderung gefährlicher Güter“ [47] und die DGUV Information 213-012 „Beförderung gefährlicher Güter in Pkw und Kleintransportern“ [48].

Grundsätzlich gilt, dass Gefahrstoffe – dazu gehören auch entzündbare Flüssigkeiten – so gelagert werden müssen, dass sie dem allgemeinen Verkehr nicht zugänglich sind. Ein zwar überdachtes, aber offenes Gefahrstofflager auf einem Fabrikhof neben der offenen Einfahrt ist in diesem Sinn nicht ausreichend sicher.

Toxische Stoffe müssen unter Verschluss aufbewahrt werden. Das wird durch abschließbare Lager oder Behälter erreicht. Der Zugriff ist nur fachkundigen Personen gestattet. Fachkundige in diesem Sinn sind Beschäftigte, die aufgrund ihrer Ausbildung die Gefahren der Stoffe kennen und beurteilen können.

Lagerbehälter müssen nach dem Abfüllen an ihren Lagerort zurückgestellt werden. Das gilt auch für nicht restentleerte Behälter. Restentleerte, gespülte Behälter sollten bis zur Rückführung oder Entsorgung an einem getrennten Leergutplatz gesammelt werden.



Abb. 8.1 Probeentnahme am Prozessbehälter mit geeignetem Hilfsmittel

Transportiert werden Chemikalien bei folgenden Gelegenheiten:

- Neuanlieferung von Chemikalien (zugelassene Transportbehälter),
- Nachdosieren von Chemikalien,
- Entnahme von Proben zur Analyse der Prozessflüssigkeit (Abb. 8.1),
- Pflege der Prozessflüssigkeiten und
- Entsorgung verbrauchter Prozessflüssigkeiten.

Folgende Sicherheitsmaßnahmen sind bei der Lagerung und beim innerbetrieblichen Transport von Gefahrstoffen zu beachten:

1. Alle Behälter eindeutig mit Inhaltsstoff (Konzentration) und Gefahrenpiktogramm kennzeichnen; von der kleinsten Probeflasche bis zum ortsfesten Tank.
2. Ortsveränderliche Behälter, die dem täglichen Bedarf dienen oder gedient haben, an fest vorgegebenen Stellen im Betrieb lagern. Diese Lagerplätze müssen als solche erkennbar und mit einer Sicherheitskennzeichnung versehen sein (Abb. 8.2).
3. Fässer dicht verschlossen und mit dem Spundloch nach oben lagern.
4. Vor der Verwendung von Kunststoffgebinden Auskunft über deren Beständigkeit einholen.
5. Gefahrstoffe niemals in Getränkeflaschen, Konservengläser oder sonstige Behältnisse von Lebensmitteln füllen (Verwechslungsgefahr!).
6. Fässer vor dem Transport auf Inhalt, Dichtigkeit und Verschluss prüfen.
7. Glasbehälter, sofern sie noch im Einsatz sind, und Glasflaschen nur in Schutzbehältern oder in Tragekästen oder Eimern transportieren.



Abb. 8.2 Sicherheitsschrank zum Lagern von Gefahrstoffen



Abb. 8.3 Ballonkipper zum Umfüllen von Gefahrstoffen

8. Beim Abfüllen von Chemikalien Schutzbrille oder Gesichtsschutz [9] tragen. In Abhängigkeit von der Gefährdungsbeurteilung (Menge und Gefährlichkeit des Stoffs) müssen gegebenenfalls weitere persönliche Schutzausrüstungen benutzt werden (Staubschutzmaske im Regelfall P2 oder Atemschutzmaske mit Kombifilter [10], Schürze [7], Stiefel [32] usw.).
9. Zum Abfüllen aus Fässern oder Ballons Vorrichtungen benutzen, die ein Verspritzen oder Verschütten verhindern, z. B. Fasspumpe, Heber, Dosierhähne, Ballonkipper (Abb. 8.3), hydraulische Fasskippvorrichtungen.
10. Heber und Pipetten nicht mit dem Mund ansaugen, damit der Gefahrstoff nicht in den Mund gelangen und eventuell verschluckt werden kann.
11. Schlauch an Fasspumpe und am freien Ende sicher befestigen.
12. Persönliche Schutzausrüstungen bereitstellen und benutzen.

Der innerbetriebliche Transport von Gefahrstoffen sollte durch technische Maßnahmen, wie fest verlegte Leitungen, minimiert werden.

Bei der Anlieferung von Tankware ist auf korrekte Anschlüsse zu achten. Chemikalien, die gefährlich miteinander reagieren, sollten möglichst nicht an benachbarten Stellen abgefüllt werden. Um weitere Gefährdungen aufgrund von Verwechslungen auszuschließen, sind unterschiedliche Stutzen/Gewinde zu verwenden. Weiterhin ist auf eine eindeutige Kennzeichnung (Abb. 8.4) und die Kontrolle der Füllstände vor der Befüllung zu achten.



Abb. 8.4 Chemikalienbefüllstation für Tankware

Der Befüllvorgang ist zu überwachen, und das Befüllen ist nur mit geringen Drücken durchzuführen, um das Bersten von Leitungen oder Tanks zu verhindern.

Chemikalienlager sind entsprechend den einzulagernden Gefahrstoffen und den Lagermengen nach TRGS 509 [39] und TRGS 510 [40] zu planen. Abhängig von der Wassergefährdungsklasse (WGK) können sich erweiterte Maßnahmen, zum Beispiel die Verwendung von Auffangwannen/-systemen oder auch eine Löschwasserrückhaltung, ergeben. Bei der Nutzung von Regalsystemen ist auf eine ausreichende Tragfähigkeit zu achten. Regale sind jährlich durch eine zur Prüfung befähigte Person zu prüfen.

Bei der Lagerung von entzündbaren Stoffen (z. B. Farben und Lösemittel) gelten ergänzende Anforderungen an die Be- und Entlüftung (ausreichender Luftwechsel nach TRGS 510 [40]) und gegebenenfalls an den Explosionsschutz (z. B. bauliche Anforderungen, elektrische Ausführung nach Festlegung im Explosionsschutzdokument).



# 9 Instandhaltung

Bei der Instandhaltung (Inspektion – Wartung – Instandsetzung) von Anlagen und Einrichtungen der Galvanotechnik ist es wiederholt zu Unfällen gekommen, zum Beispiel:

- Abstürze aus größeren Höhen
- Stürze in ätzende oder heiße Prozessbehälter
- Quetschungen an Galvanoautomaten durch Transporteinrichtungen
- Einwirkung gefährlicher Gase und Dämpfe oder Sauerstoffmangel beim Arbeiten in Behältern
- Verätzungen durch austretende Gefahrstoffe beim Demontieren von Rohrleitungen, die noch Säuren oder Laugen enthielten

Die Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines Unfalls ist besonders groß, wenn die Instandhaltungsarbeiten von Beschäftigten von Fremdfirmen ausgeführt werden.

Eigene Beschäftigte und Beschäftigte von Fremdfirmen sind bei Instandhaltungsarbeiten besonders sorgfältig einzuweisen und zu unterweisen. Fremdfirmen sind entsprechend der Gefährdungsbeurteilung in die besonderen Gefahren und Sicherheitsmaßnahmen in der Galvanik einzuweisen.

Maßnahmen bei Instandhaltungsarbeiten sind beispielsweise:

- Absturzsicherungen (Bühnen, Podeste) oder feste Abdeckungen der Prozessbehälter (stabile Deckel, Holzbohlen, o. Ä.) benutzen, auch, wenn nur kurzfristig über Prozessbehältern gearbeitet wird.
- Bereitstellung von sicheren Überstiegen/Leitern beim Einstieg in Behälter. Diese sind gegen Abrutschen zu sichern.
- Rohrleitungen drucklos machen, entleeren, spülen, ggf. abkühlen lassen; auf Flüssigkeitssäcke und Restdrücke achten. Fließrichtung der Medien beachten.
- Besteht die Gefahr des Abstürzens (Herabfallen) von Gegenständen, z. B. Hubtraversen, Gestellen, Werkstücken, ist entweder das Abstürzen der Gegenstände durch entsprechende Sicherungen zu verhindern oder der Bereich darunter abzusperren.

- Rohranschlüsse absperren und Absperrorgane gegen irrtümliches Öffnen sichern.
- Pumpen gegen unbeabsichtigtes Wiedereinschalten sichern (Reparaturschalter).
- Beim Lösen festsitzender Armaturen (Schieber usw.), Verschraubungen und Flansche sind die Rohrleitungen – soweit möglich – zu entleeren. Beim Öffnen ist darauf zu achten, dass Restmengen an Flüssigkeiten vorhanden sein können. Die Restmengen können am Arbeitsplatz selbst oder in andere Anlagenbereiche ablaufen. Entsprechend sind Auffangwannen oder Bindemittel so zu platzieren, dass die Flüssigkeit aufgefangen wird.
- Festgelegte Wartungszyklen beachten, Verschleißteile rechtzeitig austauschen.
- Betriebsanweisung für die durchzuführenden Arbeiten einhalten (z. B. Inspektionen am Prozessbehälter, Wartung von Anlageteilen, Arbeiten an den elektrischen Einrichtungen, Arbeiten in engen Räumen, Arbeiten über/in den Prozessbehältern).
- Persönliche Schutzausrüstungen auf ordnungsgemäßen Zustand kontrollieren und benutzen.
- Hautschutzplan einhalten.
- Nur mit Auftrag (ggf. in schriftlicher Form) und unter Beachtung der festgelegten Schutzmaßnahmen in Prozessbehältern, Gruben, Auffangwannen arbeiten.
- Alleinarbeiten vermeiden, ggf. Sicherungsposten einsetzen.
- Instandsetzungs- und Änderungsarbeiten nur ausführen, wenn die Anlagen und Einrichtungen ausgeschaltet und gegen Wiedereinschalten gesichert sind.
- Inbetriebnahme nach Instandhaltungsarbeiten erst, nachdem die zuständigen Vorgesetzten den Betrieb freigegeben haben. Vorher müssen sie sich davon überzeugen, dass die Arbeiten beendet sind, der betriebssichere Zustand wiederhergestellt ist und alle Beteiligten die Gefahrenbereiche verlassen haben.

- Nach Instandhaltungs- und Reparaturarbeiten müssen Arbeitgeberinnen, Arbeitgeber oder ihre Beauftragten die Wiederaufnahme des Betriebs ausdrücklich freigeben.
- Die persönlichen Schutzausrüstungen sind bei den jeweiligen Arbeiten gemäß der aus der Gefährdungsbeurteilung abgeleiteten Betriebsanweisung zu benutzen.



Abb. 9.1 Wiederkehrende Instandhaltung am Nasswäscher einer Abluftanlage

# 10 Persönliche Schutzausrüstungen

Im Bereich der Galvanik gibt es trotz technischer Schutzmaßnahmen (Verkleidungen, Abdeckungen, Verrohrungen, Dosiereinrichtungen [Abb. 10.1]) Tätigkeiten, bei denen die Bereitstellung und Benutzung von persönlichen Schutzausrüstungen zusätzlich erforderlich sind.

Solche Tätigkeiten sind zum Beispiel:

- Unmittelbare Arbeiten an Prozessbehältern (Nachschärfen, Nachdosieren, Verfahren der Ware [Abb. 10.2])
- Aufenthalt in unmittelbarer Nähe der Prozessbehälter (Kontrollgänge)
- Wartung und Instandhaltung
- Umfüllen von Chemikalien
- Be- und Entladen von Schüttgut in Trommelanlagen (Lärmentwicklung)

Die persönlichen Schutzausrüstungen sind vom Arbeitgeber oder von der Arbeitgeberin im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung festzulegen, dazu können gehören:

- Atemschutz [10]
- Augen- oder Gesichtsschutz [9]
- Fußschutz in Form von Sicherheitsschuhen, bzw. gefährdungsabhängig Gummistiefeln mit Zehenschutz [32]
- entsprechend den Gefährdungen Chemikalienschutzhandschuhe mit ausreichender Schutzzeit [8]
- Gummischürze oder chemikalienbeständige Schutzkleidung [7] zum Körperschutz
- Hautschutz
- Kopfschutz [49]
- Gehörschutz

Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung sind zum Beispiel auch Eignung und maximale Tragedauer von Schutzhandschuhen [8] festzulegen.

Die bereitgestellten persönlichen Schutzausrüstungen sind bestimmungsgemäß zu benutzen. Persönliche Schutzausrüstungen sind täglich zu überprüfen, zum Beispiel Schutzhandschuhe und Stiefel auf Dichtheit. Schutzhandschuhe werden am einfachsten durch Eintauchen in Wasser überprüft.



Abb. 10.1 Dosierpumpe als technische Schutzmaßnahme gegen chemische Gefährdungen bei Tätigkeiten der Beschäftigten an den Elektrolyten und Prozessbehältern

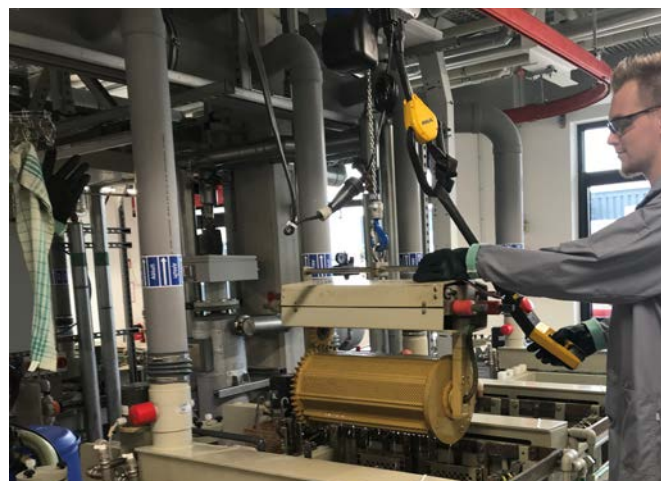


Abb. 10.2 Persönliche Schutzausrüstung beim Verfahren der Ware in einer halbautomatischen Anlage

# 11 Betriebsanweisungen und Unterweisungen

Arbeitgeber und Arbeitgeberinnen müssen Betriebsanweisungen für den Betrieb von Anlagen/Maschinen und den Umgang mit Gefahrstoffen erstellen. Eine Informationsquelle dafür ist die DGUV Information 211-010 „Sicherheit durch Betriebsanweisungen“ [31].

Durch die Betriebsanweisungen für Anlagen/Maschinen werden sichere und gesundheitsbewusste Betriebsweisen und spezifische Gefahren sowie daraus folgende Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln festgelegt. Ebenso können notwendige Prüfungen und zusammenhängende Fristen darin festgeschrieben werden. Die Betriebsanweisungen sollen auch eine einheitliche Struktur haben und sind üblicherweise in der Farbe Blau gehalten.

In den Betriebsanweisungen nach § 14 (1) der Gefahrstoffverordnung [1] werden die Gefahren für Mensch und Umwelt genannt und die erforderlichen Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln festgelegt. Sie sind in den Farben Rot oder Orange gehalten.

Betriebsanweisungen enthalten Angaben und Anordnungen der Arbeitgeberin oder des Arbeitgebers für die Beschäftigten in Form von:

1. Informationen über die am Arbeitsplatz auftretenden Gefahrstoffe, z. B. Bezeichnung der Gefahrstoffe, ihre Kennzeichnung sowie Gefährdungen der Gesundheit und der Sicherheit,
2. Informationen über angemessene Verhaltensregeln und Maßnahmen, die die Beschäftigten zu ihrem eigenen Schutz und zum Schutz der anderen Beschäftigten am Arbeitsplatz durchführen müssen.  
Dazu gehören besonders:
  - a) Hygienemaßnahmen
  - b) Maßnahmen, die zur Verhütung einer Exposition zu ergreifen sind
  - c) Maßnahmen gegen Brände und Explosionen
  - d) Benutzen von Schutzausrüstungen und Schutzkleidung [7], [8], [9], [10], [32], [49],

3. Informationen über Maßnahmen, die von den Beschäftigten und Rettungsmannschaften bei Betriebsstörungen, Unfällen und Notfällen durchzuführen sind.

Falls erforderlich, können sie ergänzt sein durch Angaben und Anordnungen zum Sach- und Umweltschutz.

Die Beschäftigten haben die Verpflichtung, die für ihren Arbeitsbereich zutreffenden Betriebsanweisungen einzuhalten.

Die mindestens jährlichen verpflichtenden Mitarbeiterunterweisungen (Abb. 11.1) bauen auf den Gefährdungsbeurteilungen und Betriebsanweisungen auf und müssen durch Unterschrift der Teilnehmenden dokumentiert werden.

Arbeitgeberinnen und Arbeitgeber stellen sicher, dass für alle Beschäftigten, die Tätigkeiten mit Gefahrstoffen durchführen, eine allgemeine arbeitsmedizinisch-toxikologische Beratung durchgeführt wird. Diese Beratung sowie die Unterrichtung über die Angebotsvorsorge sollen im Rahmen der Unterweisung nach § 14 (2) der Gefahrstoffverordnung erfolgen [1].



Abb.11.1 Unterweisung eines Beschäftigten anhand von Betriebsanweisungen

# 12 Prüfen von Anlagen und Einrichtungen

Nach der Betriebssicherheitsverordnung müssen Arbeitgeber und Arbeitgeberinnen die Fristen für regelmäßige Prüfungen der Arbeitsmittel im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung festlegen. Die Prüfungen müssen von zur Prüfung befähigten Personen durchgeführt und dokumentiert werden.

Gleichzeitig fordert die Gefahrstoffverordnung, dass die Wirksamkeit von technischen Schutzmaßnahmen regelmäßig und mindestens jedes dritte Jahr geprüft werden muss.

In der Praxis hat sich herausgestellt, dass besonders für die Schutzeinrichtungen kürzere Prüfintervalle angebracht sind, da die örtlichen Gegebenheiten und Belastungen durch Chemikalien in galvanotechnischen Bereichen zu berücksichtigen sind. Die Prüfungen sollten mindestens einmal jährlich erfolgen, bei Bedarf in kürzeren Intervallen, die aufgrund der Gefährdungsbeurteilung festzulegen sind.

Prüfungen der Explosionssicherheit nach BetrSichV sind gefordert, wenn ein explosionsgefährdeter Bereich vorliegt.



Abb. 12.1 Zentrifuge – ein Beispiel für prüfpflichtige Betriebseinrichtungen

Folgende Schutzeinrichtungen sind arbeitstäglich, aber mindestens wöchentlich, durch die Beschäftigten auf ihre Funktion hin zu prüfen:

- Absauganlage/Raumlufttechnische Anlage
  - Anfahrerschutz am Transportwagen (Bügel, BWS)
  - Not-Halt-Einrichtungen (z. B. Reißleinen, Taster)
- (Liste nicht abschließend)

Folgende Schutzeinrichtungen sind bei Inbetriebnahme und mindestens jährlich bei Folgeprüfungen durch zur Prüfung befähigte Personen auf ihre Wirksamkeit hin zu überprüfen:

- Absauganlage/Raumlufttechnische Anlage
- Anfahrerschutz am Transportwagen und Quersetzer (Anfahrbügel, Schaltfläche oder berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen BWS)
- Not-Halt-Einrichtungen (z. B. Reißleinen, Taster)
- Begrenzungseinrichtungen für Bewegungen der Beschickungseinrichtungen
- Sicherheitseinrichtungen an Belade- und Entladestationen, z. B. BWS
- Befestigungen von Schutzeinrichtungen
- Sicherheits-Kennzeichnungen an der Anlage, Behältern und Rohrleitungen
- Isolationen an heißen oder kalten Anlagenteilen
- Niveau- und Temperatursonden an Prozessbehältern

(Liste nicht abschließend)



Abb. 12.2 Kammerfilterpresse mit Sicherheitseinrichtung – auch solche Betriebseinrichtungen müssen regelmäßig geprüft werden

Folgende Wiederholungsprüfungen der Anlage und Anlagenkomponenten sind mindestens jährlich durch zur Prüfung befähigte Personen durchzuführen:

- Anlage als ortsfestes elektrisches Betriebsmittel
  - Reinigung der Anlage nach Reinigungs- und Wartungsplan
  - Prüfungen an Kälteanlagen, gegebenenfalls mit Dichtheitsprüfung
  - Zentrifugen, handbedient oder auch automatisch im Anlagenbereich (Abb. 12.1)
  - Kippgeräte (Hebebühnen) an Trommelbeschickungseinrichtungen, -bunker
  - Druckbehälter
  - Kammerfilterpressen mit Sicherheitseinrichtungen (Abb. 12.2)
  - Schlamm-Fördersysteme
  - Pumpen
- (Liste nicht abschließend)

# Anhang 1

## Literaturverzeichnis

### 1. Gesetze, Verordnungen, Technische Regeln

#### *Bezugsquelle:*

*Buchhandel und Internet:*

*z. B. [www.gesetze-im-internet.de](http://www.gesetze-im-internet.de)*

- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) [18]
- Europäisches Übereinkommen über den Transport gefährlicher Güter auf der Straße (ADR) [46]
- Gefahrgutbeförderungsgesetz (GG BefG) [44]
- Gefahrgutverordnung Eisenbahn und Binnenschifffahrt (GGVSEB) [45]
- Gesetz zum Schutz von Müttern bei der Arbeit, in der Ausbildung und im Studium (Mutterschutzgesetz – MuSchG) [5]
- Gesetz zum Schutz der arbeitenden Jugend (Jugendarbeitsschutzgesetz, JArbSchG) [6]
- 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) [2]
- 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 [3]
- Arbeitsmedizinische Vorsorgeverordnung (ArbMedVV) [11]
- Verordnung zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) [1]
- Betriebssicherheitsverordnung [BetrSichV] [19]
- Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) [20]
- Zweite Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (2. BImSchV) [36]
- Transportvorschriften des Bundes (GGVSEB) [41]

- TRGS 201 „Einstufung und Kennzeichnung bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“ [27]
- TRGS 410 „Expositionsverzeichnis bei Gefährdung gegenüber krebserzeugenden oder keimzellenmutagenen Gefahrstoffen der Kategorien 1A oder 1B“ [13]
- TRGS 509 „Lagern von flüssigen und festen Gefahrstoffen in ortsfesten Behältern sowie Füll- und Entleerstellen für ortsbewegliche Behälter“ [39]
- TRGS 510 „Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern“ [40]
- TRGS 555 „Betriebsanweisung und Information der Beschäftigten“ [30]
- TRGS 906 „Verzeichnis krebserzeugender Tätigkeiten oder Verfahren nach § 3 Abs. 2 Nr. 3 GefStoffV“ [14]
- ASR A1.3 „Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung“ [26]
- ASR A2.1 „Schutz vor Absturz und herabfallenden Gegenständen, Betreten von Gefahrenbereichen“ [25]
- ASR A3.4 „Beleuchtung“ [23]
- 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) [16]

### 2. DGUV Regelwerk für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit

#### *Bezugsquelle:*

*Bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger und unter [www.dguv.de/publikationen](http://www.dguv.de/publikationen)*

#### **Regeln**

- DGUV Regel 100-500 und 100-501 „Betreiben von Arbeitsmitteln“ [28]
- DGUV Regel 108-003 „Fußböden in Arbeitsräumen mit Rutschgefahr“ [21]
- DGUV Regel 109-602 „Branche Galvanik“ [4]
- DGUV Regel 112-189 und 112-989 „Benutzung von Schutzkleidung“ [7]
- DGUV Regel 112-190 „Benutzung von Atemschutzgeräten“ [10]
- DGUV Regel 112-191 und 112-991 „Benutzung von Fuß- und Knieschutz“ [32]

- DGUV Regel 112-192 und 112-992 „Benutzung von Augen- und Gesichtsschutz“ [9]
- DGUV Regel 112-193 „Benutzung von Kopfschutz“ [49]
- DGUV Regel 112-195 und 112-995 „Benutzung von Schutzhandschuhen“ [8]

### Informationen

- DGUV Information 208-007 „Roste – Auswahl und Betrieb“ [22]
- DGUV Information 209-002 „Schleifen“ [33]
- DGUV Information 209-006 „Gießereiarbeiter“ [34]
- DGUV Information 209-088 „Reinigen von Werkstücken mit Reinigungsflüssigkeiten“ [35]
- DGUV Information 211-010 „Sicherheit durch Betriebsanweisungen“ [31]
- DGUV Information 213-012 „Beförderung gefährlicher Güter in PKW und Kleintransportern“ [48]
- DGUV Information 213-052 „Beförderung gefährlicher Güter“ [47]

### 3. Normen/VDE-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“ [24]
- DIN EN 17059:2018-10 „Galvanik- und Anodisieranlagen – Sicherheitsanforderungen“ [17]
- 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“ [29]
- VDE 0113-1:2007-06 Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen (Abschnitt 13 „Verdrahtungstechnik“) [38]

- 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 [37]

### 4. Sonstige Informationsschriften

- BG RCI Merkblatt M062 zur Konkretisierung der TRGS 510 „Lagerung von Gefahrstoffen“ [42]
- BG RCI M063-1 „Zusammenlagerung von Gefahrstoffen“ [43]
- Organisationsdienst für nachgehende Untersuchungen (ODIN)  
▶ <http://www.odin-info.de/> [12]
- Datenbank zur zentralen Erfassung gegenüber krebserzeugenden Stoffen exponierter Beschäftigter – ZED“ der DGUV (Zentrale Expositionsdatenbank –ZED)  
▶ <https://zed.dguv.de> [15]









**Berufsgenossenschaft  
Energie Textil Elektro  
Medienerzeugnisse**

Gustav-Heinemann-Ufer 130  
50968 Köln  
Tel.: 0221 3778-0  
Fax: 0221 3778-1199  
[www.bgetem.de](http://www.bgetem.de)

**Bestellungen:**

Hauptverwaltung Köln  
[www.bgetem.de](http://www.bgetem.de), Webcode: 11205644  
Telefon: 02 21 37 78-10 20  
Telefax: 02 21 37 78-10 21  
E-Mail: [versand@bgetem.de](mailto:versand@bgetem.de)