

Stellungnahme Überarbeitung der DGUV Regel 109-602

Branche Galvanik



Impressum

Herausgegeben von:

Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung e.V. (DGUV)
Glinkastraße 40
10117 Berlin
Tel.: 030 13001-0 (Zentrale)
Fax: 030 13001-9876
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de

Sachgebiet Oberflächentechnik, Fachbereich Holz und Metall der DGUV.

Ausgabe: XXXXXXXX

DGUV Regel 109-602 beziehen bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger oder unter
www.dguv.de/publikationen Webcode: pXXXX

Inhaltsverzeichnis

1	Wozu diese Regel?	5
2	Grundlagen für Sicherheit und Gesundheit: Was grundsätzlich gilt	6
3	Arbeitsplätze und Tätigkeiten: Gefährdungen und Maßnahmen	18
3.1	Gefahren und Maßnahmen bei Vorbehandlungsverfahren	18
3.1.1	Polieren, Glänzen, chemisches Entgraten	18
3.1.2	Alkalische Entfettung	25
3.1.3	Elektrolytische Entfettung	30
3.1.4	Dekapieren	36
3.1.5	Beizen	41
3.2	Gefahren und Maßnahmen bei der Oberflächenbehandlung	46
3.2.1	Hartverchromen von Serienbauteilen	46
3.2.2	Hartverchromung von Einzelbauteilen	53
3.2.3	Glanzverchromen von Einzelbauteilen	60
3.2.4	Vernickeln – galvanisch	66
3.2.5	Vernickeln – chemisch	71
3.2.6	Verkupfern – cyanidisch oder sauer	77
3.2.7	Verzinken – cyanidisch oder sauer oder alkalisch	84
3.2.8	Veredeln mit Gold und Silber	91
3.2.9	Verzinnen – sauer oder alkalisch	98
3.2.10	Phosphatieren	104
3.2.11	Eloxieren	108
3.3	Gefahren und Maßnahmen bei Nachbehandlungsverfahren	114
3.3.1	Passivieren/Chromatieren	114
3.3.2	Entmetallisieren (Entchromen)	120
3.4	Tätigkeiten mit Gefahrstoffen	126
3.5	Wartung und Instandhaltung	131
3.6	Störungen	137
3.7	Abwasserbehandlung, Entsorgung	143
3.8	Prüfungen	148
3.8.1	Funktionsprüfung der Schutzeinrichtungen (Empfehlung: arbeitstäglich, Minimum: wöchentlich)	149
3.8.2	Wirksamkeitsprüfung der Schutzeinrichtungen bei Inbetriebnahme und bei Folgeprüfungen (Minimum: jährlich)	149
3.8.3	Wiederholungsprüfung der Anlage und Anlagenkomponenten (Minimum: jährlich)	149
4	Register – Weitere Informationsquellen	150
4.1	Verfahrensbeschreibung der Vorbehandlungsverfahren	150
4.1.1	Polieren, Glänzen, Chemisches Entgraten	150
4.1.2	Alkalische Entfettung	150
4.1.3	Elektrolytische Entfettung	150
4.1.4	Dekapieren	151
4.1.5	Beizen	151
4.2	Verfahrensbeschreibung der Oberflächenbehandlungsverfahren	152
4.2.1	/	152
4.2.2	Hartverchromen von Serienbauteilen/Einzelbauteilen	152
4.2.3	Glanz-/Schwarzverchromen von Einzelbauteilen	152
4.2.4	Vernickeln - galvanisch	153

4.2.5 Vernickeln - chemisch	153
4.2.6 Verkupfern – sauer oder cyanidisch	153
4.2.7 Verzinken – cyanidisch oder sauer oder alkalisch	154
4.2.8 Veredeln mit Gold und Silber.....	155
4.2.9 Verzinnen – sauer oder alkalisch.....	155
4.2.10 Phosphatieren.....	156
4.2.11 Eloxieren.....	156
4.3 Verfahrensbeschreibung der Nachbehandlungsverfahren	156
4.3.1 Passivieren/Chromatieren	156
4.3.2 Entmetallisieren (Entchromen)	157
4.4 Beurteilungsmaßstäbe	158
4.5 Literaturverzeichnis	159
4.5.1 Verordnungen	159
4.5.2 DGUV Vorschriften, Regeln, Informationen und Grundsätze	159
4.5.3 Technische Regeln für Gefahrstoffe	160
4.5.4 Technische Regeln für Betriebssicherheit	160
4.5.5 Technische Regeln für Arbeitsstätten	160
4.5.6 Normen und weitere Schriften	161

1 Wozu diese Regel?

Was ist eine DGUV Regel?

Arbeitsschutzmaßnahmen passgenau für Ihre Branche – dabei unterstützt Sie diese DGUV Regel. Sie wird daher auch „Branchenregel“ genannt. DGUV Regeln werden von Fachleuten der gesetzlichen Unfallversicherung sowie weiteren Expertinnen und Experten verfasst, die den betrieblichen Alltag in Unternehmen Ihrer Branche kennen und wissen, wo die Gefahren für Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten liegen.

DGUV Regeln helfen Ihnen, staatliche Arbeitsschutzvorschriften, Unfallverhütungsvorschriften, Normen und viele verbindliche gesetzliche Regelungen konkret anzuwenden. Daneben erhalten Sie auch zahlreiche praktische Tipps und Hinweise zur Arbeitssicherheit und einem erfolgreichen Gesundheitsschutz in Ihrem Unternehmen. Als Unternehmerin oder Unternehmer können Sie andere Lösungen wählen. Diese müssen aber im Ergebnis mindestens ebenso sicher sein.

An wen wendet sich diese DGUV Regel?

Mit dieser DGUV Regel sind in erster Linie Sie als Unternehmerin oder Unternehmer angesprochen. Denn Sie sind für die Sicherheit und Gesundheit Ihrer Beschäftigten verantwortlich. Durch den hohen Praxisbezug bietet die DGUV Regel aber auch großen Nutzen für alle weiteren Akteurinnen und Akteure in Ihrem Unternehmen, etwa Ihrem Personal- und Betriebsrat, Ihren Fachkräften für Arbeitssicherheit, Ihren Betriebsärztinnen und -ärzten sowie Ihre Sicherheitsbeauftragte.

Die vorliegende DGUV Regel bietet konkrete Hilfestellungen bei den Arbeitsschutzmaßnahmen im Rahmen [...]. Sie umfasst die wichtigsten Präventionsmaßnahmen, um die gesetzlich vorgeschriebenen Schutzziele für Ihr Unternehmen und Ihre Belegschaft zu erreichen.

2 Grundlagen für Sicherheit und Gesundheit: Was grundsätzlich gilt

Von der betriebsärztlichen und sicherheitstechnischen Betreuung über die Unterweisung und Gefährdungsbeurteilung bis hin zur Ersten Hilfe: Binden Sie die Sicherheit und Gesundheit Ihrer Beschäftigten systematisch in die betrieblichen Strukturen und Prozesse ein. Damit schaffen Sie eine solide Basis für sichere und gesunde Arbeitsbedingungen.



Rechtliche Grundlagen

- Arbeitsschutzgesetz
- Arbeitssicherheitsgesetz
- Jugendarbeitsschutzgesetz
- Mutterschutzgesetz
- Arbeitsstättenverordnung
- Betriebssicherheitsverordnung
- Gefahrstoffverordnung
- PSA-Benutzungsverordnung
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge
- DGUV Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“
- DGUV Vorschrift 2 „Betriebsärzte und Fachkräfte für Arbeitssicherheit“
- „Ganzheitliche arbeitsmedizinische Vorsorge unter Berücksichtigung aller Arbeitsbedingungen und arbeitsbedingten Gefährdungen“ (Arbeitsmedizinische Regel AMR Nr. 3.3)
- „Prüfungen von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen“ (Technische Regel für Betriebssicherheit, TRBS 1201)
- „Zur Prüfung befähigte Personen“ (TRBS 1203)
- „Barrierefreie Gestaltung von Arbeitsstätten“ (Technische Regel für Arbeitsstätten, ASR V3a.2)
- „Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung“ (ASR A1.3)
- „Maßnahmen gegen Brände“ (ASR A2.2)
- „Fluchtwege und Notausgänge, Flucht- und Rettungsplan“ (ASR A2.3)
- „Erste-Hilfe-Räume, Mittel und Einrichtungen zur Ersten Hilfe“ (ASR A4.3)



Weitere Informationen

- DGUV Information 204-022 „Erste Hilfe im Betrieb“
- DGUV Information 205-023 „Brandschutzhelfer“
- DGUV Information 211-042 „Sicherheitsbeauftragte“
- DGUV Information 250-010 „Eignungsuntersuchungen in der betrieblichen Praxis“

Als Unternehmerin oder Unternehmer sind Sie für die Sicherheit und Gesundheit Ihrer Beschäftigten in Ihrem Unternehmen verantwortlich. Dazu verpflichtet Sie das Arbeitsschutzgesetz. Doch es gibt weitere gute Gründe, warum Ihnen Sicherheit und Gesundheit in Ihrem Unternehmen wichtig sein sollten. So sind Beschäftigte, die in einer sicheren und gesunden Umgebung arbeiten, nicht nur weniger häufig und lange krank, sie arbeiten auch engagierter und motivierter. Mehr noch: Investitionen in Sicherheit und Gesundheit lohnen sich für Unternehmen nachweislich auch ökonomisch.

Die gesetzliche Unfallversicherung unterstützt Sie bei der Einrichtung des Arbeitsschutzes in Ihrem Unternehmen. Der erste Schritt: Setzen Sie die grundsätzlichen Präventionsmaßnahmen um, die auf den folgenden Seiten beschrieben sind. Sie bieten Ihnen die beste Grundlage für einen gut organisierten Arbeitsschutz und stellen die Weichen für weitere wichtige Präventionsmaßnahmen in Ihrem Unternehmen.



Verantwortung und Aufgabenübertragung

Die Verantwortung für die Sicherheit und Gesundheit Ihrer Beschäftigten liegt bei Ihnen als Unternehmerin oder Unternehmer. Das heißt, Sie müssen die Arbeiten in Ihrem Betrieb so organisieren, dass eine Gefährdung für Leben und Gesundheit vermieden wird und die Belastung Ihrer Beschäftigten nicht über deren individuelle Leistungsfähigkeit hinausgeht.

Diese Aufgabe können Sie auch schriftlich an andere zuverlässige und fachkundige Personen im Unternehmen übertragen. Sie sind jedoch dazu verpflichtet, regelmäßig zu prüfen, ob diese Personen ihre Aufgabe erfüllen. Legen Sie bei Bedarf Verbesserungsmaßnahmen fest. Spätestens nach einem Arbeitsunfall oder nach Auftreten einer Berufskrankheit müssen deren Ursachen ermittelt und die Arbeitsschutzmaßnahmen angepasst werden.

Der Betriebsrat hat im Arbeits- und Gesundheitsschutz ein vollumfängliches Mitbestimmungsrecht, wenn ein Gesetz oder eine Vorschrift einen Sachverhalt nicht abschließend regelt.



Betriebsärztliche und sicherheitstechnische Betreuung

Unterstützung bei der Einrichtung von sicheren und gesunden Arbeitsplätzen erhalten Sie von den Fachkräften für Arbeitssicherheit, Betriebsärztinnen und Betriebsärzten sowie Ihrem Unfallversicherungsträger. Die DGUV Vorschrift 2 gibt vor, in welchem Umfang Sie diese betriebsärztliche und sicherheitstechnische Betreuung gewährleisten müssen.



Sicherheitsbeauftragte

Arbeiten in Ihrem Unternehmen mehr als 20 Beschäftigte, müssen Sie zusätzlich Sicherheitsbeauftragte bestellen. Sicherheitsbeauftragte sind Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter Ihres Unternehmens, die Sie ehrenamtlich neben ihren eigentlichen Aufgaben bei der Verbesserung der Arbeitssicherheit und des Gesundheitsschutzes unterstützen. Sie achten z. B. darauf, dass Schutzvorrichtungen und -ausrüstungen vorhanden sind und weisen ihre Kolleginnen und Kollegen auf sicherheits- oder gesundheitswidriges Verhalten hin. So geben sie Ihnen verlässliche Anregungen zur Verbesserung des Arbeitsschutzes.



Qualifikation für den Arbeitsschutz

Wirksamer Arbeitsschutz erfordert fundiertes Wissen. Stellen Sie daher sicher, dass alle Personen in Ihrem Unternehmen, die mit Aufgaben zur Gestaltung sicherer und gesunder Arbeitsplätze und Arbeitsverfahren betraut sind, ausreichend qualifiziert sind. Geben Sie diesen Personen die Möglichkeit, an Aus- und Fortbildungsmaßnahmen teilzunehmen. Die Berufsgenossenschaften, Unfallkassen und die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung bieten hierzu vielfältige Seminare sowie Aus- und Fortbildungsmöglichkeiten an.



Beurteilung der Arbeitsbedingungen und Dokumentation (Gefährdungsbeurteilung)

Wenn die Gefahren für Sicherheit und Gesundheit am Arbeitsplatz nicht bekannt sind, kann sich auch niemand davor schützen. Eine der wichtigsten Aufgaben ist daher die Beurteilung der Arbeitsbedingungen, auch „Gefährdungsbeurteilung“ genannt. Diese hat das Ziel, für jeden Arbeitsplatz in Ihrem Unternehmen mögliche Gefährdungen für die Sicherheit und Gesundheit Ihrer Beschäftigten festzustellen und Maßnahmen zur Beseitigung dieser Gefährdungen festzulegen. Beurteilen Sie dabei sowohl die körperlichen als auch die psychischen Belastungen Ihrer Beschäftigten. Beachten Sie Beschäftigungsbeschränkungen und -verbote, z. B. für Jugendliche, Schwangere und stillende Mütter, insbesondere im Hinblick auf schwere körperliche Arbeiten sowie den Umgang mit Gefahr- und Biostoffen. Es gilt: Gefahren müssen immer direkt an der Quelle beseitigt oder vermindert werden. Wo dies nicht vollständig möglich ist, müssen Sie Schutzmaßnahmen nach dem T-O-P-Prinzip ergreifen. Das heißt, Sie müssen zuerst technische (T), dann organisatorische (O) und erst zuletzt personenbezogene (P) Maßnahmen festlegen und durchführen. Mit der anschließenden Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung kommen Sie nicht nur Ihrer Nachweispflicht nach, sondern erhalten auch eine Übersicht der Arbeitsschutzmaßnahmen in Ihrem Unternehmen. So lassen sich auch Entwicklungen nachvollziehen und Erfolge aufzeigen.



Was für die Branche gilt

Ermittlung und Beurteilung der Expositionen

In dieser DGUV Regel werden technische und organisatorische Maßnahmen beschrieben, bei deren Einhaltung in der Regel davon ausgegangen werden kann, dass die geltenden Beurteilungsmaßstäbe nach Kapitel 4.4 eingehalten werden. Dies ist im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung bei der Ermittlung und Beurteilung der inhalativen Expositionen zu beachten.

Fachkunde bei Tätigkeiten mit bestimmten Gefahrstoffen

Im Betrieb müssen Stoffe oder Gemische, die als akut toxisch Kategorie 1, 2 oder 3 eingestuft sind, unter Verschluss oder so aufbewahrt oder gelagert werden, dass nur zuverlässige Personen Zugang haben. Darüber hinaus dürfen Tätigkeiten mit diesen Gefahrstoffen sowie mit atemwegssensibilisierenden Gefahrstoffen nur von fachkundigen oder besonders unterwiesenen Personen ausgeführt werden.

Beschäftigungsbeschränkungen

Jugendliche dürfen nur dann schädlichen Einwirkungen durch Gefahrstoffe ausgesetzt sein, wenn es für die Erreichung des Ausbildungszieles erforderlich ist, der Schutz durch die Aufsicht einer fachkundigen Person gewährleistet ist und die Beurteilungsmaßstäbe unterschritten werden. Außerdem dürfen werdende Mütter gegenüber krebserzeugenden oder keimzellmutagenen Gefahrstoffen der Kategorie 1A oder 1B nicht exponiert werden.



Verkehrssicherheit

Unfälle im Straßenverkehr führen überdurchschnittlich oft zu schweren und tödlichen Verletzungen. Nutzen Sie Ihre Möglichkeiten, die Sicherheit im Straßenverkehr positiv zu gestalten, egal ob es um tägliche Wege zur Arbeit, Universität, Schule oder Kindertageseinrichtung, um berufliche Fahrten oder um komplexe Transportaufgaben geht. Kinder und Jugendliche bewegen sich sicherer im Straßenverkehr, wenn Sie mit ihnen die notwendigen Verhaltensregeln einüben. Setzen Sie Akzente, z.B. indem Sie Fahrzeuge mit hochwertigen Sicherheitsausstattungen beschaffen, deren Benutzung unterweisen und Gefährdungen unterbinden (z.B. Rückwärtsfahren mit eingeschränkter Sicht). Machen Sie deutlich, dass Sie Fahrlässigkeit wie Sichteinschränkung in Fahrzeugen durch Aufkleber, Spruchbänder oder Gegenstände nicht akzeptieren. Fordern Sie Verantwortlichkeit ein, indem Sie dafür sorgen, dass nach jedem beruflichen Verkehrsunfall ein Auswertungsgespräch geführt wird.



Arbeitsmedizinische Maßnahmen

Ein unverzichtbarer Baustein im Arbeitsschutz Ihres Unternehmens ist die arbeitsmedizinische Prävention. Dazu gehören die Beteiligung des Betriebsarztes oder der Betriebsärztin an der Gefährdungsbeurteilung, die Durchführung der allgemeinen arbeitsmedizinischen Beratung sowie die arbeitsmedizinische Vorsorge mit individueller arbeitsmedizinischer Beratung der Beschäftigten. Die Arbeitsmedizinische Vorsorge als ein Teil betrieblicher Arbeitsschutzmaßnahmen zielt darauf ab arbeitsbedingte Erkrankungen einschließlich Berufskrankheiten frühzeitig zu erkennen und zu verhüten. Sie darf technische und organisatorische Arbeitsschutzmaßnahmen nicht ersetzen, kann sie aber durch individuelle arbeitsmedizinische Beratung zum Thema arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren sinnvoll ergänzen. Ergibt die Vorsorge, dass bestimmte Maßnahmen des Arbeits- und Gesundheitsschutzes ergriffen werden müssen, müssen Sie diese für die betroffenen Beschäftigten in die Wege leiten. Gesetzlich geregelt ist die arbeitsmedizinische Vorsorge in der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV). Die DGUV-Empfehlungen für arbeitsmedizinische Beratungen und Untersuchungen bieten Ihnen praxisnahe Konkretisierungen für Ihren Arbeitsalltag.



Was für die Branche gilt

Für krebserzeugende oder keimzellmutagene Gefahrstoffe der Kategorie 1A oder 1B bietet die DGUV eine Zentrale Expositionsdatenbank „ZED“ an. ([https:// zed.dguv.de](https://zed.dguv.de))

Für die Galvanotechnik kann arbeitsmedizinische Vorsorge nach folgenden Empfehlungen relevant sein:

- DGUV Empfehlung Trichlorethen (Trichlorethylen), Tetrachlorethen (Perchlorethylen) und Dichlormethan (Methylenchlorid)
- DGUV Empfehlung Chrom VI Verbindungen
- DGUV Empfehlung Lärm
- DGUV Empfehlung Tätigkeiten mit Stoffen, die obstruktive Atemwegserkrankungen auslösen können
- DGUV Empfehlung Gefährdung der Haut
- DGUV Empfehlung Atemschutzgeräte Vorsorge
- DGUV Empfehlung Fluor und anorganische Fluorverbindungen
- DGUV Empfehlung Nickel und seine Verbindungen
- DGUV Empfehlung Krebserzeugende und keimzellmutagene Gefahrstoffe – allgemein

Ein wichtiger Bestandteil der arbeitsmedizinischen Vorsorge kann in Betrieben der Galvanotechnik das Biomonitoring sein. Über Indikation und Art des Biomonitoring entscheidet der beauftragte Arzt oder die beauftragte Ärztin.

Das Biomonitoring kann bei Tätigkeiten angezeigt sein:

- bei denen unmittelbarer Hautkontakt mit Gefahrstoffen besteht, die in toxikologisch relevanter Menge über die Haut aufgenommen werden (Stoffe mit der Bemerkung „H“ in der TRGS 900)
- bei denen der orale Aufnahmeweg von Gefahrstoffen von Bedeutung sein kann
- bei denen eine Exposition gegenüber Gefahrstoffen mit langen biologischen Halbwertszeiten vorliegt
- bei Exposition gegenüber krebserzeugenden, erbgutverändernden oder fruchtbarkeitsgefährdenden Stoffen
- bei denen die Gefahrstoffe luftmesstechnisch schwer erfassbar sind (Reparaturarbeiten, Stördienste, Arbeiten im Freien, stark schwankende Raumluftkonzentrationen, häufig wechselnde Stoffe im Chargenbetrieb)



Eignungsbeurteilungen

Eignungsbeurteilungen dienen der Beantwortung der Frage, ob die vorhandenen physischen und psychischen Fähigkeiten und Potenziale der Beschäftigten erwarten lassen, dass die während der Beschäftigung zu erledigenden Tätigkeiten ohne relevante Gefahren für Sicherheit und Gesundheit des oder der Beschäftigten oder Dritter von ihnen ausgeübt werden können. Während die Arbeitgeberinnen und Arbeitgeber möglichst zuverlässig die Eignung ihrer Beschäftigten beurteilen können wollen, haben die Beschäftigten ein Interesse an der umfassenden Wahrung ihrer Intimsphäre und ihrem informationellen

Selbstbestimmungsrecht, Dieses Spannungsverhältnis ist von besonderer Bedeutung, sobald die Eignungsbeurteilungen medizinische Untersuchungen beinhalten.



Verhältnismäßigkeit von Eignungsuntersuchungen

Untersuchungen erfordern grundsätzlich ein berechtigtes Interesse des Arbeitgebers an der Eignungsfeststellung. Bei jeder Untersuchung muss der Grundsatz der Verhältnismäßigkeit (geeignet, erforderlich, angemessen) gewahrt bleiben. Die Untersuchung muss zunächst zur Feststellung der Eignung für die konkrete Tätigkeit überhaupt geeignet sein. Kann eine Untersuchung oder eine Untersuchungsmethode das Ziel der Eignungsfeststellung nicht erreichen, so ist sie unverhältnismäßig. Die Untersuchung ist erforderlich, wenn sie unter mehreren denkbaren Alternativen das mildeste Mittel zur Eignungsfeststellung darstellt. Ist die Eignung durch eine andere, gleichermaßen wirksame Maßnahme feststellbar, ist die Untersuchung unverhältnismäßig und damit unzulässig. Die Untersuchung ist angemessen, wenn die Ausführung der Tätigkeit im Falle nicht (mehr) vorliegender Eignung des Beschäftigten/der Beschäftigten, Leib oder Leben anderer Personen oder Sachen von erheblichem Wert gefährden würde, und die Eignungsuntersuchung demgegenüber nur eine geringe Belastung für den Beschäftigten/die Beschäftigte mit sich bringt.

Weitere Maßgaben zur Verhältnismäßigkeit und Beispiele für die Praxis werden Ihnen in der DGUV Information 250-010 „Eignungsbeurteilungen in der betrieblichen Praxis“ insbesondere in den Kapiteln 2.1.1 und 2.1.2 erläutert.



Unterweisung

Ihre Beschäftigten können nur dann sicher und gesund arbeiten, wenn sie über die Gefährdungen an ihrem Arbeitsplatz sowie ihre Pflichten informiert sind. Stellen Sie sicher, dass Ihre Beschäftigten die erforderlichen Maßnahmen und betrieblichen Regeln kennen und ausreichende Anweisungen erhalten, um Arbeiten sicher ausführen zu können. Hierzu gehören auch die Betriebsanweisungen. Deshalb ist es wichtig, dass Ihre Beschäftigten eine Unterweisung möglichst an ihrem Arbeitsplatz erhalten. Diese kann durch Sie selbst oder eine von Ihnen beauftragte zuverlässige und fachkundige Person durchgeführt werden. Setzen Sie Beschäftigte aus Zeitarbeitsunternehmen ein, müssen Sie diese so unterweisen wie Ihre eigenen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Betriebsärztin bzw. -arzt oder die Fachkraft für Arbeitssicherheit können hierbei unterstützen. Die Unterweisung muss mindestens einmal jährlich erfolgen und dokumentiert werden. Bei Jugendlichen ist dies halbjährlich erforderlich. Zusätzlich müssen Sie für Ihre Beschäftigten eine Unterweisung sicherstellen

- vor Aufnahme einer Tätigkeit,
- bei Zuweisung einer anderen Tätigkeit,
- bei Veränderungen im Aufgabenbereich und Veränderungen in den Arbeitsabläufen.



Befähigung und Qualifikation

Die Befähigung und Qualifikation von Beschäftigten sind Voraussetzungen dafür, dass Arbeitsmittel sicher eingesetzt werden und sichere Arbeitsschritte eingehalten werden. Wird die Befähigung von Beschäftigten nicht oder unzureichend berücksichtigt, kann dies zu Gefährdungen der jeweiligen Person oder Dritten führen, wenn Maßnahmen unsicher, fehlerhaft oder unvollständig ausgeführt werden. Als Vorgesetzte müssen Sie deshalb die Befähigung und die Qualifikation einer Person für eine bestimmte Tätigkeit bei der Übertragung von Aufgaben berücksichtigen (s. § 7 DGUV Vorschrift 1). Zu beachten sind dabei formale Qualifikationen (z. B. Ausbildung, Führerschein, Unterweisung) sowie die körperlichen und geistigen Fähigkeiten, Fertigkeiten und Eigenschaften einer Person in Bezug auf die jeweilige Tätigkeit. Details in Bezug auf Definition, Ermittlung, Zeitpunkt der Ermittlung und die besonderen Anforderungen an die Befähigung und in Bezug auf die Qualifikation sind in der DGUV Regel 100-001 beschrieben.



Gefährliche Arbeiten

Manche Arbeiten in Ihrem Unternehmen sind besonders gefährlich für Ihre Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Sorgen Sie in solchen Fällen dafür, dass eine zuverlässige, mit der Arbeit vertraute Person die Aufsicht führt. Ist nur eine Person allein mit einer gefährlichen Arbeit betraut, sind Sie verpflichtet, für geeignete technische oder organisatorische Schutzmaßnahmen zu sorgen, z. B. Kontrollgänge einer zweiten Person, zeitlich abgestimmte Telefon-/Funkmeldesysteme oder Personen-Notsignal-Anlagen. Ihr Unfallversicherungsträger berät Sie dazu gerne.



Zugang zu Vorschriften und Regeln

Machen Sie die für Ihr Unternehmen relevanten Unfallverhütungsvorschriften sowie die einschlägigen staatlichen Vorschriften und Regeln an geeigneter Stelle für alle zugänglich. So sorgen Sie nicht nur dafür, dass Ihre Beschäftigten über die notwendigen Präventionsmaßnahmen informiert werden, Sie zeigen ihnen auch, dass Sie Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz ernst nehmen. Bei Fragen zum Vorschriften- und Regelwerk hilft Ihnen Ihr Unfallversicherungsträger weiter.



Persönliche Schutzausrüstungen

Wenn durch technische und organisatorische Maßnahmen Gefährdungen für Ihre Beschäftigten nicht ausgeschlossen werden können, sind Sie als Unternehmerin oder Unternehmer verpflichtet, ihnen kostenfrei persönliche Schutzausrüstungen (PSA) zur Verfügung zu stellen. Bei der Beschaffung ist darauf zu achten, dass die PSA mit einer CE-Kennzeichnung versehen ist. Welche PSA dabei für welche Arbeitsbedingungen und Beschäftigten die richtige ist, leitet sich aus der Gefährdungsbeurteilung ab. Vor der Bereitstellung sind Sie verpflichtet, die Beschäftigten anzuhören.

Zur Sicherstellung des Schutzziels ist es wichtig, dass die Beschäftigten die PSA entsprechend der Gebrauchsanleitung und unter Berücksichtigung bestehender Tragezeitbegrenzungen und Gebrauchsdauern bestimmungsgemäß benutzen, regelmäßig

auf ihren ordnungsgemäßen Zustand prüfen und Ihnen festgestellte Mängel unverzüglich melden. Die bestimmungsgemäße Benutzung der PSA muss den Beschäftigten im Rahmen von Unterweisungen vermittelt werden. Durch die Organisation von Wartungs-, Reparatur- und Ersatzmaßnahmen sowie durch ordnungsgemäße Lagerung tragen Sie dafür Sorge, dass die persönlichen Schutzausrüstungen während der gesamten Nutzungsdauer gut funktionieren und sich in hygienisch einwandfreiem Zustand befinden.

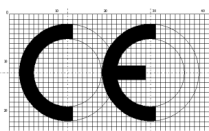
Werden in Ihrem Unternehmen PSA zum Schutz gegen tödliche Gefahren oder bleibende Gesundheitsschäden eingesetzt (z. B. PSA gegen Absturz, Atemschutz), müssen zusätzliche Maßnahmen beachtet werden. So müssen Unterweisungen zur bestimmungsgemäßen Benutzung dieser PSA praktische Übungen beinhalten. Weitere Maßnahmen können z. B. die Planung und sachgerechte Durchführung von Rettungsmaßnahmen, Überprüfung der Ausrüstungen durch Sachkundige oder die Erstellung von speziellen Betriebsanweisungen betreffen.

Mit Gebotszeichen zur Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung können Sie die Beschäftigten darauf hinweisen, an welchen Arbeitsplätzen PSA benutzt werden müssen.



Kennzeichnung von sicheren Produkten

Seit 1995 unterliegen alle Maschinen und viele andere Produkte europaweit geltenden Vorschriften zum Inverkehrbringen. Die Einhaltung muss der Hersteller oder Inverkehrbringer beim Verkauf mit einer CE-Kennzeichnung und einer Konformitätserklärung dokumentieren. Darüber hinaus kann der Hersteller oder Inverkehrbringer die Produkte auch durch unabhängige Stellen prüfen lassen. Eine erfolgreiche Prüfung der Sicherheit erkennt man z.B. am GS-Zeichen oder am DGUV Test-Zeichen.



CE-Kennzeichnung



GS-Zeichen



DGUV Test-Zeichen



Brandschutz- und Notfallmaßnahmen

Im Notfall müssen Sie und Ihre Beschäftigten schnell und zielgerichtet handeln können. Daher gehören die Organisation des betrieblichen Brandschutzes, aber auch die Vorbereitung auf sonstige Notfallmaßnahmen, wie z. B. die geordnete Evakuierung Ihrer Arbeitsstätte, zum betrieblichen Arbeitsschutz. Lassen Sie daher so viele Beschäftigte wie möglich zu Brandschutzhelferinnen und Brandschutzhelfern ausbilden, empfehlenswert sind mindestens fünf Prozent der Belegschaft. Empfehlenswert ist auch die Bestellung einer Mitarbeiterin oder eines Mitarbeiters zum Brandschutzbeauftragten. Das zahlt sich im Notfall aus. Damit Entstehungsbrände wirksam bekämpft werden können, müssen Sie Ihren Betrieb mit geeigneten Feuerlöscheinrichtungen, wie z. B. tragbaren Feuerlöschern, ausstatten und alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter mit deren Benutzung durch regelmäßige Unterweisungen vertraut machen.



Erste Hilfe

Die Organisation der Ersten Hilfe in Ihrem Betrieb gehört zu Ihren Grundpflichten. Unter Erste Hilfe versteht man alle Maßnahmen, die bei Unfällen, akuten Erkrankungen, Vergiftungen und sonstigen Notfällen bis zum Eintreffen des Rettungsdienstes, eines Arztes oder einer Ärztin erforderlich sind. Dazu gehört z. B.: Unfallstelle absichern, Verunglückte aus akuter Gefahr retten, Notruf veranlassen, lebensrettende Sofortmaßnahmen durchführen sowie Betroffene betreuen. Den Grundbedarf an Erste-Hilfe-Material decken der „Kleine Betriebsverbandkasten“ nach DIN 13157 bzw. der „Große Betriebsverbandkasten“ nach DIN 13169 ab. Zusätzlich können ergänzende Materialien aufgrund betriebsspezifischer Gefährdungen erforderlich sein.

Je nachdem wie viele Beschäftigte in Ihrem Unternehmen arbeiten, müssen Ersthelferinnen und Ersthelfer in ausreichender Anzahl zur Verfügung stehen. Diese Aufgabe können alle Beschäftigten übernehmen. Voraussetzung ist die erfolgreiche Teilnahme an einer Erste-Hilfe-Ausbildung und die regelmäßige Auffrischung alle zwei Jahre (Erste-Hilfe-Fortbildung). Die Lehrgangsgebühren werden von den Berufsgenossenschaften und Unfallkassen getragen. Beachten Sie, dass auch im Schichtbetrieb und während der Urlaubszeit genügend Ersthelferinnen und -helfer anwesend sein müssen.

Wie viele Ersthelferinnen und Ersthelfer? *(Als Kasten hervorgehoben)*

[Branchenspezifische Anpassung möglich]

1) Bei zwei bis zu 20 anwesenden Versicherten:	eine Ersthelferin bzw. ein Ersthelfer,
2) Bei mehr als 20 anwesenden Versicherten	
a) in Verwaltungs- und Handelsbetrieben:	5 %,
b) in sonstigen Betrieben:	10 %,
c) in Kindertageseinrichtungen:	eine Ersthelferin bzw. ein Ersthelfer je Kindergruppe,
d) in Hochschulen	10 % der Versicherten nach § 2 Absatz 1 Nummer 1 SGB VII



Was für die Branche gilt

Abgestimmt auf das bei Tätigkeiten mit einem Gefahrstoff mögliche Unfallrisiko sind entsprechende materielle und personelle Voraussetzungen für die Erste Hilfe zu schaffen:

- Es müssen geeignetes Erste-Hilfe-Material, Rettungsgeräte, Meldeeinrichtungen und ausreichend ausgebildete Ersthelfer und Ersthelferinnen zur Verfügung stehen. Des Weiteren muss sichergestellt werden, dass nach einem Unfall sofortige Erste Hilfe geleistet und eine erforderliche ärztliche Versorgung veranlasst wird.
- Bei Tätigkeiten mit Cyaniden sind in Absprache zwischen Betrieb und Betriebsärztin/Betriebsarzt besondere Vorkehrungen zur Ersten Hilfe bei Vergiftungen durch Cyanwasserstoff zu treffen, z. B. Bereitstellung geeigneter Gegenmittel (Antidots) wie z. B. 4-Dimethylaminophenol (4-DMAP) zusammen mit Natriumthiosulfat oder Hydroxocobalamin.

- In der Galvanotechnik und in den Laboratorien ist die Installation leicht und schnell erreichbarer Notduschen und Augenduschen erforderlich. Die Duschen müssen eindeutig gekennzeichnet sein und der Zugang muss stets freigehalten werden.
- Alle Beschäftigten müssen hinsichtlich der Benutzung der Not- und Augenduschen unterwiesen sein.



Betriebssanitäter in Großbetrieben bzw. auf Baustellen

Der Betriebssanitäter oder die Betriebssanitäterin sollen erweiterte Erste Hilfe leisten und dadurch zu einer lückenlosen Versorgung von verletzten oder erkrankten Personen beitragen.

Sind im Betrieb gewöhnlich mehr als 1500 Beschäftigte oder auf Baustellen gewöhnlich mehr als 100 Beschäftigte anwesend, muss sich mindestens ein Betriebssanitäter oder eine Betriebssanitäterin einsatzbereit unter ihnen befinden. Behalten Sie Schichtdienst, Urlaubs- und mögliche Krankheitszeiten im Blick, wenn Sie die Anzahl der erforderlichen Betriebssanitäter und Betriebssanitäterinnen erheben.



Arbeitsschutzausschuss

Arbeiten in Ihrem Unternehmen mehr als 20 Beschäftigte, sind Sie verpflichtet, einen Arbeitsschutzausschuss (ASA) in ihrem Betrieb zu bilden. Dieser dient dem Austausch und der Zusammenarbeit aller an der Gestaltung von Sicherheit und Gesundheit im Betrieb beteiligten Stellen.

Der Kreis der Teilnehmenden ist gesetzlich vorgegeben und umfasst:

- Unternehmer/-in und/oder eine von ihm bzw. ihr beauftragte Person,
- zwei Mitglieder des Betriebs- oder Personalrats,
- Fachkraft für Arbeitssicherheit,
- Betriebsärztin oder Betriebsarzt,
- Sicherheitsbeauftragte in angemessener Zahl.

Selbstverständlich kann dieser Kreis bei Bedarf durch weitere Entscheidungsträger und -trägerinnen sowie inner- oder außerbetriebliche Spezialistinnen und Spezialisten erweitert werden.

Der Arbeitsschutzausschuss trifft sich mindestens zu vier Sitzungen im Jahr und erörtert Strategien, Neuerungen, Ereignisse oder auch Einzelfragen zum Thema Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit. Dazu gehören z. B. die Analyse des Unfallgeschehens, die Auswertung von Gefährdungsbeurteilungen und die Koordinierung von Maßnahmen zur Verbesserung von Sicherheit und Gesundheit im Betrieb. Auch betriebliche Veränderungen, wie der Einsatz neuartiger persönlicher Schutzausrüstungen sowie die Einführung neuer Arbeitsverfahren, Arbeitsmittel oder Stoffe können Themen im Arbeitsschutzausschuss sein.



Regelmäßige Prüfung der Arbeitsmittel

Schäden an Arbeitsmitteln können zu Unfällen führen. Daher müssen die in Ihrem Unternehmen eingesetzten Arbeitsmittel regelmäßig kontrolliert und je nach Arbeitsmittel geprüft werden. Vor der Verwendung eines Arbeitsmittels muss dieses durch Inaugenscheinnahme, ggf. durch eine Funktionskontrolle, auf offensichtliche Mängel kontrolliert werden, die so schnell entdeckt werden können. Neben diesen Kontrollen müssen Sie für wiederkehrende Prüfungen in angemessenen Zeitabständen sorgen. Wie, von wem und in welchen Abständen dies geschehen soll, beschreiben die TRBS 1201 und die TRBS 1203 (siehe Infobox „Rechtliche Grundlagen“). Im Einschichtbetrieb hat sich bei vielen Arbeitsmitteln ein Prüfabstand von einem Jahr bewährt. Die Ergebnisse der Prüfungen müssen Sie mindestens bis zur nächsten Prüfung aufbewahren.



Planung und Beschaffung

Es lohnt sich, das Thema Sicherheit und Gesundheit von Anfang an in allen betrieblichen Prozessen zu berücksichtigen. Wenn Sie schon bei der Planung von Arbeitsstätten und Anlagen sowie dem Einkauf von Arbeitsmitteln und Arbeitsstoffen an die Sicherheit und Gesundheit Ihrer Beschäftigten denken, erspart Ihnen dies (teure) Nachbesserungen.



Barrierefreiheit

Denken Sie auch an die barrierefreie Gestaltung der Arbeitsräume in Ihrem Unternehmen. Barrierefreiheit kommt nicht nur Ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern mit Behinderung zugute, Ihre gesamte Belegschaft kann davon profitieren. So können z. B. ausreichend breite Wege oder Armaturen, Lichtschalter und Türgriffe, die gut erreichbar sind, sowie trittsichere Bodenbeläge Unfallrisiken senken und zu weitaus geringeren Fehlbelastungen und Beanspruchungen führen.



Gesundheit im Betrieb

Gesundheit ist die wichtigste Voraussetzung, damit Ihre Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bis zum Rentenalter beschäftigungs- und leistungsfähig bleiben. Frühzeitige Maßnahmen, die arbeitsbedingte physische und psychische Fehlbelastungen vermeiden helfen, zahlen sich doppelt aus – sowohl für die Beschäftigten als auch den Betrieb. Dazu gehören die Gestaltung sicherer und gesunder Arbeitsplätze und ein Betriebliches Eingliederungsmanagement (BEM). Auch die Stärkung eines gesundheitsbewussten Verhaltens Ihrer Beschäftigten und die Schaffung gesundheitsförderlicher Arbeitsbedingungen tragen zur Gesundheit Ihrer Beschäftigten bei. Ein Tipp: Ihre Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter wissen oft am besten, was sie an ihrem Arbeitsplatz beeinträchtigt. Beziehen Sie sie daher in Ihre Überlegungen für Verbesserungsmaßnahmen mit ein. Das sorgt auch für motivierte Beschäftigte.



Fremdfirmen, Lieferanten und Einsatz auf fremdem Betriebsgelände

Auf Ihrem Betriebsgelände halten sich Fremdfirmen und Lieferanten auf? Hier können ebenfalls besondere Gefährdungen entstehen. Treffen Sie die erforderlichen Regelungen und sorgen Sie dafür, dass diese Personen die betrieblichen Arbeitsschutzregelungen Ihres Unternehmens kennen und beachten.

Arbeiten Sie bzw. Ihre Beschäftigten auf fremdem Betriebsgelände, gilt dies umgekehrt auch für Sie: Sorgen Sie auch in Sachen Arbeitssicherheit für eine ausreichende Abstimmung mit dem Unternehmen, auf dessen Betriebsgelände Sie im Einsatz sind.



Integration von zeitlich befristet Beschäftigten

Die Arbeitsschutzanforderungen in Ihrem Unternehmen gelten für alle Beschäftigten – auch für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die nur zeitweise in Ihrem Betrieb arbeiten, wie z. B. Zeitarbeitnehmerinnen und -arbeitnehmer sowie Praktikantinnen und Praktikanten. Stellen Sie sicher, dass diese Personen ebenfalls in den betrieblichen Arbeitsschutz eingebunden sind.



Allgemeine Informationen

- Datenbank Vorschriften, Regeln und Informationen der gesetzlichen Unfallversicherung:
www.dguv.de/publikationen
- Kompetenz-Netzwerk Fachbereiche Prävention:
www.dguv.de (Webcode: d36139)
- Datenbank der gesetzlichen Unfallversicherung zu Bio- und Gefahrstoffen (GESTIS):
www.dguv.de (Webcode: d3380)
- Arbeitsschutzgesetz und -verordnungen:
www.gesetze-im-internet.de
- Technische Regeln zu Arbeitsschutzverordnungen:
www.baua.de

3 Arbeitsplätze und Tätigkeiten: Gefährdungen und Maßnahmen

Die Unterpunkte des Kapitels 3.1 Vorbehandlungsverfahren werden ergänzt durch die entsprechenden Unterpunkte des Kapitels 4.1; die Unterpunkte des Kapitels 3.2 Oberflächenbehandlungsverfahren werden ergänzt durch die entsprechenden Unterpunkte des Kapitels 4.2, die Unterpunkte des Kapitels 3.3 Nachbehandlungsverfahren werden ergänzt durch die entsprechenden Unterpunkte des Kapitels 4.3.

3.1 Gefahren und Maßnahmen bei Vorbehandlungsverfahren

Als Vorbereitungsschritte zur anschließenden Beschichtung oder Veredelung von Werkstücken müssen die Werkstoffe je nach Grundwerkstoff bzw. Art des Beschichtungsverfahrens vorbehandelt werden. Die in mehreren Arbeitsschritten aufgeteilten Vorbehandlungsverfahren dienen der Entfernung von Fetten, Ölen, Schmutz, Polierpastenresten, Rost oder Zunder.

3.1.1 Polieren, Glänzen, chemisches Entgraten

Eingesetzte Säuren und Laugen beim nicht mechanischen Polieren, Glänzen oder beim chemischen Entgraten verursachen besonders bei handbeschickten Prozessen hohe inhalative und dermale chemische Gefährdungen. Eine wirksame Absaugung reduziert diese Gefährdungen ebenso wie die Brand- und Explosionsgefahr durch den freiwerdenden Wasserstoff. Elektromagnetische Felder in der Nähe von Wechselrichtern oder Gleichrichtern und stromführenden Bauteilen gefährden alle Beschäftigten.



Abb. 1: Anlage zum Elektropolieren mit Absturzsicherung am Bediengang



Rechtliche Grundlagen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- Gefahrstoffverordnung
- Betriebssicherheitsverordnung
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge
- DGUV Vorschrift 3 und 4 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“
- DGUV Vorschrift 15 und 16 „Elektromagnetische Felder“
- DGUV Vorschrift 52 und 53 „Krane“
- TRGS 401 (Gefährdungen durch Hautkontakt)
- TRGS 402 (Inhalative Exposition)
- TRGS 500 (Schutzmaßnahmen)
- TRGS 722 (Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre)
- DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“
- DGUV Regel 113-001 „Explosionsschutz-Regeln“



Weitere Informationen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- DGUV Information 203-043 „Beeinflussung von Implantaten durch elektromagnetische Felder“
- DGUV Information 209-009 „Galvanisieren“
- DGUV Information 213-716 „Galvanotechnik und Eloxieren“
- Fachbereich AKTUELL FBHM-122 „Hilfestellungen zum Explosionsschutzkonzept und zur Zoneinteilung für explosionsgefährdete Bereiche verschiedener Verfahren in Galvanik- und Anodisieranlagen“
- VDE 0113-1:2014-10 „Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen, Teil 1: Allgemeine Anforderungen“
- DIN EN 12599:2013-01 „Prüf- und Messverfahren für die Übergabe raumlufttechnischer Anlagen“
- DIN EN 17059:2018 „Galvanik- und Anodisieranlagen – Sicherheitsanforderungen“
- VDI-Richtlinie 2262 Blatt 4: März 2006 „Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz; Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe“
- Leitfaden des ZVO (2016) zur Auslegung von Abluftanlagen an Galvanikanlagen
- Handlungshilfe der BG ETEM „Gefahrstoffe in der Galvanotechnik und Oberflächenveredelung“ (S 015)



Chemische Gefährdungen

- Inhalative Gefährdungen: Einatmung von säuren- bzw. laugenartigen Aerosolen (Salpetersäure, Schwefelsäure, Salzsäure, Flusssäure, Chromsäure, Phosphorsäure, Essigsäure, Natronlauge bzw. spezielle Glanzlösungen)
- Dermale Gefährdungen: gemäß TRGS 401 mittel bis hoch bei handbeschickten Prozessen entsprechend dem geringen Automatisierungsgrad; durch direkte Berührung des Elektrolyten bzw. Spritzer Reizwirkung und Sensibilisierung der Haut; gering bei handgeführten oder automatischen Beschickungseinrichtungen

- Orale Gefährdungen: bei Nichtbeachtung der Hygienemaßnahmen (Verweis auf TRGS 500); Reizwirkung nach Verschlucken



Schutzmaßnahmen bei chemischen Gefährdungen

Immer anzuwendende Schutzmaßnahmen:

- **T1** Absaugung am Elektrolyten (z. B. Rand- oder Wandabsaugung)
- **T2** Überwachung der technischen Lüftung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059

Durch diese Maßnahme werden in der Regel die jeweiligen Beurteilungsmaßstäbe (siehe Abschnitt 4.4) eingehalten.

Wird durch diese Maßnahme die Unterschreitung des jeweiligen Beurteilungsmaßstabes als Schutzziel nicht erreicht, müssen folgende Schutzmaßnahmen einzeln oder kombiniert zusätzlich angewendet werden:

- **T3** Geschlossene Anlage mit Absaugung
- **T4** Lüftungskabine am Beschickungswagen
- **T5** Abdeckung der Elektrolytbehälter
- **T6** Raumluftechnische Anlage
- **T7** Festverlegte Rohrleitungen zu den Prozessbehältern
- **T8** Beschickungsanlage mit Aushängesicherung und Tropfschutz
- **O1** Regelmäßige Kontrolle und Funktionsprüfung der Absauganlage
- **O2** Regelmäßige Prüfung der Lüftungstechnischen Einrichtung durch eine befähigte Person
- **O3** Regelmäßige Reinigung der Lüftungskanäle und der Umgebung der Prozessbehälter von Anhaftungen oder Verkrustungen durch Salze
- **P1** Persönliche Schutzausrüstung bei Arbeiten mit Säure oder Lauge, wenn Hautkontakt möglich, z. B. bei der Probenahme oder bei der Handgalvanik
Probenahme: Laborkittel und Augenschutz, Chemikalienschutzhandschuhe
Handgalvanik: Augenschutz, bei Bedarf Gesichtsschutz, Chemikalienschutzhandschuhe, chemikalienfeste Arbeitskleidung, Kunststoffschürze, Gummistiefel



Gefährdungen durch Brände und Explosionen

- Brandgefahr durch Kurzschlüsse oder Überlast durch fehlerhafte elektrische Verbindungen
- Brand- und Explosionsgefahr aufgrund von Wasserstoffentwicklung beim elektrolytischen Glänzen und Elektropolieren



Schutzmaßnahmen gegen Brände und Explosionen

- **T1** Wirksame lufttechnische Maßnahmen (Absaugung) zur Verhinderung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre
- **T2** Überwachung der technischen Lüftung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059
- **T3** Abschalten der Gleichrichter zum Beenden der Wasserstoff- und Sauerstoffentwicklung, wenn die Überwachung der technischen Lüftung die Unwirksamkeit der lufttechnischen Maßnahmen feststellt (Abluftvolumenstrom unter Auslegungswerten), Verknüpfung dieser Maßnahme mit Überwachung der technischen Lüftung über die Steuerung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059
- **T4** Vermeidung und Reduzierung von Zündquellen im Rahmen des Explosionsschutzkonzeptes unter Berücksichtigung der Einteilung der explosionsgefährdeten Bereiche in Zonen; alle elektrischen und nichtelektrischen Geräte und Bauteile müssen in Übereinstimmung mit den geforderten Kategorien gestaltet und konstruiert sein, damit jede wirksame Zündquelle vermieden wird.
- **T5** Vermeidung von Zündquellen, z. B. durch das Abschalten des Stroms beim Ein- und Ausfahren der Warenträger in die Prozessbehälter, bei denen sich Wasserstoff unter Schaumbildung entwickelt
- **O1** Erstellung eines Explosionsschutzdokumentes mit Zonenplan für die explosionsgefährdeten Bereiche
- **O2** Prüfung der Galvanikanlage als ortsfeste elektrische Anlage nach DGUV Vorschrift 3 und 4
- **O3** Arbeitstäglige Funktionsprüfung und regelmäßige Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person
- **O4** Thermografische Untersuchungen (Wärmebildkamera)



Mechanische Gefährdungen

- Quetsch- und Scherstellen aufgrund von Beschickungseinrichtungen, Warenträgerbewegung, an offenen Zahnradantrieben (Trommelanlagen)



Schutzmaßnahmen gegen mechanische Gefährdungen

- **T1** Verhinderung des Zugriffs in Quetsch- und Scherstellen durch trennende Schutzeinrichtungen und Schutzeinrichtungen mit Annäherungsfunktion, z. B. Schutzbügel
- **O1** Arbeitstäglige Funktionsprüfung und regelmäßige Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person



Gefährdungen durch Lärm

- Trommelanlagen



Schutzmaßnahmen gegen Lärm

- **T1** Reduzierung der Fallhöhe der Werkstücke (z. B. an Trommelanlagen durch Reduzierung der Fallhöhe zwischen Trommelöffnung und Auffangbehälter bzw. Rutsche)
- **T2** Verwenden von entdröhnten Materialien (Sandwichblechen, Verbundmaterialien) zur Konstruktion von Rutschen, Leitblechen und Auffangbehältern
- **T3** Aufbringen von lärmindernden Auskleidungen, Matten oder Kunststoffbeschichtungen an Rutschen, Leitblechen und Auffangbehältern
- **P1** Tragen von geeignetem Gehörschutz (z. B. Gehörschutzstöpsel, Bügelgehörschützer, Kapseln, Otoplastiken)



Elektrische Gefährdungen

- Durch elektrischen Schlag bei feuchten und nassen Umgebungsbedingungen (d. h. in feuchten und nassen Räumen) aufgrund von direktem oder indirektem Berühren in Bereichen mit mehr als 30 V Gleichspannung oder 12 V Wechselspannung
- Bei feuchten und nassen Umgebungsbedingungen (d. h. in feuchten und nassen Räumen) ist ein Schutz gegen indirektes und direktes Berühren nicht erforderlich, wenn die Nennspannung des SELV- oder PELV-Systems 30 V Gleichspannung oder 12 V Wechselspannung nicht überschreitet.



Schutzmaßnahmen gegen elektrische Gefährdungen

- **T1** Schutz gegen elektrischen Schlag durch Basisschutz nach VDE 0113-1 (insbesondere Gehäuse, Isolierung)
- **T2** Schutz gegen elektrischen Schlag durch feststehende trennende Schutzeinrichtungen und Verriegelungen der elektrischen Stromversorgung mit beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen oder berührungslos wirkenden Schutzeinrichtungen
- **O1** Die elektrische Ausrüstung ist gegen äußere Einflüsse (z. B. mechanische, thermische, chemische Beanspruchung) zu schützen.
- **O2** Elektrische Einrichtungen dürfen nur von einer Elektrofachkraft oder unter deren Leitung und Aufsicht den elektrotechnischen Regeln entsprechend errichtet, geändert und instandgehalten werden.
- **O3** Regelmäßige, mindestens jährliche Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person



Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

- Von Personen mit aktiven Implantaten (z. B. Herzschrittmacher) durch magnetische Felder besonders in der Nähe von Wechselrichtern/Gleichrichtern und stromführenden Bauteilen (z. B. Schienen)
- Aller Beschäftigten aufgrund der sehr hohen Stromdichten und Sollstromstärken durch magnetische Felder, insbesondere in der Nähe von Gleichrichtern und stromführenden Bauteilen (z. B. Schienen)

- Aller Beschäftigten aufgrund der Kraftwirkung auf magnetische Bauteile durch statische Magnetfelder



Schutzmaßnahmen bei Personen mit aktiven Implantaten gegen Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

- **O1** Für die Beschäftigten sind individuelle Lösungen zu erarbeiten:
 - Die Arbeits- und Aufenthaltsbereiche sind entsprechend den Nutzungsmerkmalen der Bereiche und der vorhandenen Quellen festzulegen.
 - Die auftretende Exposition ist durch Berechnung, Messung, Herstellerangaben oder im Vergleich mit ähnlichen EMF-Quellen zu ermitteln.
- **O2** für Besucher und Besucherinnen sowie Fremdpersonal sind auf dem Unternehmensgelände in der Regel organisatorische Schutzmaßnahmen zu treffen.

Nach der DGUV Information 203-043 sind dann folgende Schutzmaßnahmen durchzuführen:

- Erstellung von Betriebsanweisungen
- Kennzeichnung der Bereiche, die von Personen mit Implantaten nicht betreten werden dürfen
- Unterweisung von Beschäftigten und Fremdpersonal
- Information von Besuchern und Besucherinnen



Schutzmaßnahmen bei allen Beschäftigten gegen Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

- **O1** Die Expositionsbereiche sind entsprechend den Nutzungsmerkmalen der Bereiche und der vorhandenen Quellen festzulegen.
- **O2** Die auftretende Exposition ist durch Berechnung, Messung, Herstellerangaben oder im Vergleich mit ähnlichen EMF-Quellen zu ermitteln.
- **O3** Die Beurteilung einer Exposition ist durch den Vergleich mit den zulässigen Werten der Anlage 1 der DGUV Vorschrift 15 und 16 vorzunehmen.

Nach der DGUV Vorschrift 15 und 16 sind dann in Abhängigkeit vom festgelegten Expositionsbereich folgende Schutzmaßnahmen durchzuführen:

- **Expositionsbereich 1**
 - Erstellung von Betriebsanweisungen
 - Unterweisung
 - Zugangsverbot nur für Personen mit passiven Implantaten aus ferromagnetischen Materialien (Kennzeichnung)
- **Bereich erhöhter Exposition**
 - Erstellung von Betriebsanweisungen
 - Unterweisung
 - Kennzeichnung
 - Begrenzung der Aufenthaltsdauer
 - Zugangsregelungen
 - Sicherheitsabstand
 - Zugangsverbot für Personen mit passiven Implantaten (Kennzeichnung)



Thermische Gefährdung durch Hitze

- Die Elektrolyttemperatur kann bis zu 80 °C betragen, es besteht eine Gefährdung durch heiße Oberflächen (Behälterwandung und Rohrleitungen).



Schutzmaßnahmen gegen thermische Gefährdungen

- **T1** Isolierung der Prozessbehälter und Rohrleitungen
- **T2** Trennende Schutzeinrichtungen (z. B. Geländer, oder Bleche und Verkleidungen)



Arbeitsmedizinische Vorsorge

- Angebotsvorsorge bei Tätigkeiten mit Exposition gegenüber atemwegssensibilisierend wirkenden Stoffen (DGUV Empfehlung Tätigkeiten mit Stoffen, die obstruktive Atemwegserkrankungen auslösen können) für exponierte Beschäftigte mit bronchialer Überempfindlichkeit (siehe Kapitel 3.4)
- Angebotsvorsorge (Auslösewert 80 dB(A)) oder Pflichtvorsorge (Auslösewert 85 dB(A)) bei Tätigkeiten mit Lärmexposition (DGUV Empfehlung Lärm)
- Angebotsvorsorge (bei Feuchtarbeit > 2 h) oder Pflichtvorsorge (bei Feuchtarbeit > 4h) (DGUV Empfehlung Gefährdung der Haut)
- Angebotsvorsorge bei Tätigkeiten mit Exposition gegenüber hautsensibilisierend wirkenden Stoffen (DGUV Empfehlung Gefährdung der Haut)

3.1.2 Alkalische Entfettung

Eingesetzte Laugen bei der alkalischen Entfettung verursachen besonders bei handbeschickten Prozessen oder beim Ansetzen/Nachschärfen hohe inhalative und dermale chemische Gefährdungen. Eine wirksame Absaugung reduziert diese Gefährdungen. Mechanische Gefährdungen sind an Beschickungseinrichtungen und Trommelanlagen zu beachten. An Trommelanlagen existieren auch Gefährdungen durch Lärm.

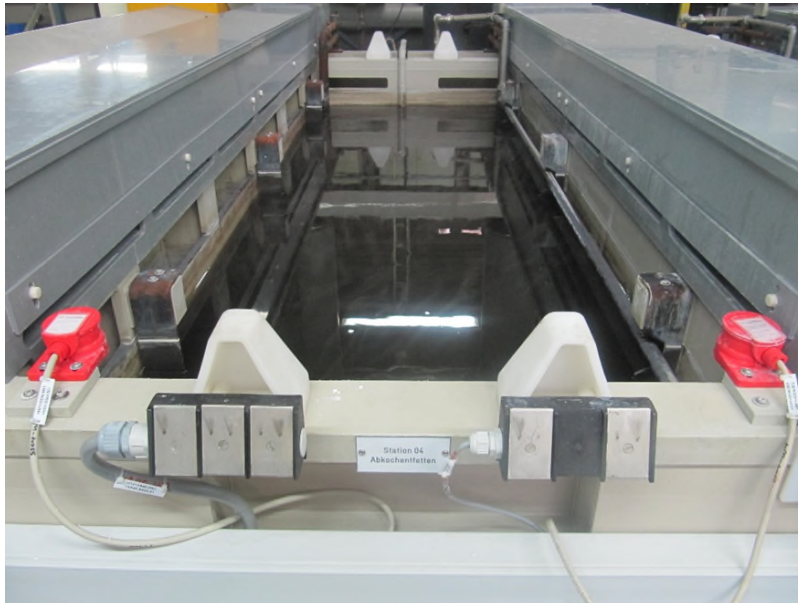


Abb. 2 Alkalische Entfettung mit beidseitiger Randabsaugung



Rechtliche Grundlagen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- Gefahrstoffverordnung
- Betriebssicherheitsverordnung
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge
- DGUV Vorschrift 3 und 4 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“
- DGUV Vorschrift 52 und 53 „Krane“
- TRGS 401 (Gefährdungen durch Hautkontakt)
- TRGS 402 (Inhalative Exposition)
- TRGS 500 (Schutzmaßnahmen)
- DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“
- DGUV Regel 112-190 „Benutzung von Atemschutzgeräten“



Weitere Informationen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- DGUV Information 209-009 „Galvanisieren“
- DGUV Information 213-716 „Galvanotechnik und Eloxieren“

- VDI-Richtlinie 2262 Blatt 4: März 2006 „Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz; Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe“
- Leitfaden des ZVO (2016) zur Auslegung von Abluftanlagen an Galvanikanlagen
- Handlungshilfe der BG ETEM „Gefahrstoffe in der Galvanotechnik und Oberflächenveredelung“ (S 015)



Chemische Gefährdungen

- Inhalative Gefährdungen: Einatmung von laugenhaltigen Aerosolen (Natronlauge, Ätznatron) beim Betrieb und beim Ansetzen/Nachschärfen
- Dermale Gefährdungen: gemäß TRGS 401 mittel bis hoch bei handbeschickten Prozessen entsprechend dem geringen Automatisierungsgrad; durch direkte Berührung des Elektrolyten bzw. Spritzer Reizwirkung und Sensibilisierung der Haut; gering bei handgeführten oder automatischen Beschickungseinrichtungen
- Orale Gefährdungen: bei Nichtbeachtung der Hygienemaßnahmen (Verweis auf TRGS 500); Reizwirkung nach Verschlucken



Schutzmaßnahmen bei chemischen Gefährdungen

Immer anzuwendende Schutzmaßnahmen:

- **T1** Absaugung am Elektrolyten (z. B. Rand- oder Wandabsaugung).
- **T2** Überwachung der Technischen Lüftung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059

Durch diese Maßnahme werden in der Regel die jeweiligen Beurteilungsmaßstäbe (siehe Abschnitt 4.4) eingehalten.

Wird durch diese Maßnahme die Unterschreitung des jeweiligen Beurteilungsmaßstabes als Schutzziel nicht erreicht, müssen folgende Schutzmaßnahmen einzeln oder kombiniert zusätzlich angewendet werden:

- **T3** Geschlossene Anlage mit Absaugung
- **T4** Lüftungskabine am Beschickungswagen
- **T5** Abdeckung der Elektrolytbehälter
- **T6** Raumluftechnische Anlage
- **T7** Festverlegte Rohrleitungen zu den Prozessbehältern
- **T8** Beschickungsanlage mit Aushängesicherung und Tropfschutz
- **O1** Regelmäßige Kontrolle und Funktionsprüfung der Absauganlage
- **O2** Regelmäßige Prüfung der Lüftungstechnischen Einrichtung durch eine befähigte Person
- **O3** Regelmäßige Reinigung der Lüftungskanäle und der Umgebung der Prozessbehälter von Anhaftungen oder Verkrustungen durch Salze
- **P1** Persönliche Schutzausrüstung bei Arbeiten mit Lauge, wenn Hautkontakt möglich, z. B. bei der Probenahme oder bei der Handgalvanik

Probenahme: Laborkittel und Augenschutz, Chemikalienschutzhandschuhe

Handgalvanik: Augenschutz, bei Bedarf Gesichtsschutz, Chemikalienschutzhandschuhe, chemikalienfeste Arbeitskleidung, Kunststoffschürze, Gummistiefel

- **P2** Atemschutz gegen Aerosole (Natronlauge, Ätznatron) beim Ansetzen/Nachschärfen



Gefährdungen durch Brände und Explosionen

- Brandgefahr durch Kurzschlüsse oder Überlast durch fehlerhafte elektrische Verbindungen



Schutzmaßnahmen gegen Brände und Explosionen

- **O1** Prüfung der Galvanikanlage als ortsfeste elektrische Anlage nach DGUV Vorschrift 3 und 4
- **O2** Thermografische Untersuchungen (Wärmebildkamera)



Mechanische Gefährdungen

- Quetsch- und Scherstellen aufgrund von Beschickungseinrichtungen, Warenträgerbewegung, an offenen Zahnradantrieben (Trommelanlagen)



Schutzmaßnahmen gegen mechanische Gefährdungen

- **T1** Verhinderung des Zugriffs in Quetsch- und Scherstellen durch trennende Schutzeinrichtungen und Schutzeinrichtungen mit Annäherungsfunktion, z. B. Schutzbügel
- **O1** Arbeitstägliche Funktionsprüfung und regelmäßige Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person



Gefährdungen durch Lärm

- Trommelanlagen



Schutzmaßnahmen gegen Lärm

- **T1** Reduzierung der Fallhöhe der Werkstücke (z. B. an Trommelanlagen durch Reduzierung der Fallhöhe zwischen Trommelöffnung und Auffangbehälter bzw. Rutsche)
- **T2** Verwenden von entdröhnten Materialien (Sandwichblechen, Verbundmaterialien) zur Konstruktion von Rutschen, Leitblechen und Auffangbehältern
- **T3** Aufbringen von lärm mindernden Auskleidungen, Matten oder Kunststoffbeschichtungen an Rutschen, Leitblechen und Auffangbehältern

- **P1** Tragen von geeignetem Gehörschutz (z. B. Gehörschutzstöpsel, Bügelgehörschützer, Kapseln, Otoplastiken)



Elektrische Gefährdungen

- Durch elektrischen Schlag bei feuchten und nassen Umgebungsbedingungen (d. h. in feuchten und nassen Räumen) aufgrund von direktem oder indirektem Berühren in Bereichen mit mehr als 30 V Gleichspannung oder 12 V Wechselspannung
- Bei feuchten und nassen Umgebungsbedingungen (d. h. in feuchten und nassen Räumen) ist ein Schutz gegen indirektes und direktes Berühren nicht erforderlich, wenn die Nennspannung des SELV- oder PELV-Systems 30 V Gleichspannung oder 12 V Wechselspannung nicht überschreitet.



Schutzmaßnahmen gegen elektrische Gefährdungen

- **T1** Schutz gegen elektrischen Schlag durch Basisschutz nach VDE 0113-1 (insbesondere Gehäuse, Isolierung)
- **T2** Schutz gegen elektrischen Schlag durch feststehende trennende Schutzeinrichtungen und Verriegelungen der elektrischen Stromversorgung mit beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen oder berührungslos wirkenden Schutzeinrichtungen
- **O1** Die elektrische Ausrüstung ist gegen äußere Einflüsse (z. B. mechanische, thermische, chemische Beanspruchung) zu schützen.
- **O2** Elektrische Einrichtungen dürfen nur von einer Elektrofachkraft oder unter deren Leitung und Aufsicht den elektrotechnischen Regeln entsprechend errichtet, geändert und instandgehalten werden.
- **O3** Regelmäßige, mindestens jährliche Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person



Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

keine



Schutzmaßnahmen gegen Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

keine



Thermische Gefährdung durch Hitze

- Die Elektrolyttemperatur kann bis zu 80 °C betragen, es besteht eine Gefährdung durch heiße Oberflächen (Behälterwandung und Rohrleitungen).



Schutzmaßnahmen gegen thermische Gefährdungen

- **T1** Isolierung der Prozessbehälter und Rohrleitungen
- **T2** Trennende Schutzeinrichtungen (z. B. Geländer, oder Bleche und Verkleidungen)



Arbeitsmedizinische Vorsorge

- Angebotsvorsorge bei Tätigkeiten mit Exposition gegenüber atemwegssensibilisierend wirkenden Stoffen (DGUV Empfehlung Tätigkeiten mit Stoffen, die obstruktive Atemwegserkrankungen auslösen können) für exponierte Beschäftigte mit bronchialer Überempfindlichkeit (siehe Kapitel 3.4)
- Angebotsvorsorge (Auslösewert 80 dB(A)) oder Pflichtvorsorge (Auslösewert 85 dB(A)) bei Tätigkeiten mit Lärmexposition (DGUV Empfehlung Lärm)
- Angebotsvorsorge (bei Feuchtarbeit > 2 h) oder Pflichtvorsorge (bei Feuchtarbeit > 4h) (DGUV Empfehlung Gefährdung der Haut)
- Angebotsvorsorge bei Tätigkeiten mit Exposition gegenüber hautsensibilisierend wirkenden Stoffen (DGUV Empfehlung Gefährdung der Haut)
- Angebots- oder Pflichtvorsorge bei Tätigkeiten, die das Tragen von Atemschutzgeräten erfordern (DGUV Empfehlung Atemschutzgeräte Vorsorge)

3.1.3 Elektrolytische Entfettung

Eingesetzte Laugen bei der elektrolytischen Entfettung verursachen besonders bei handbeschickten Prozessen hohe inhalative und dermale chemische Gefährdungen. Eine wirksame Absaugung reduziert diese Gefährdungen ebenso wie die Brand- und Explosionsgefahr durch den freiwerdenden Wasserstoff oder Sauerstoff. Elektromagnetische Felder gefährden nur Personen mit aktiven Implantaten.



Abb. 3: Elektrolytische Entfettung mit beidseitiger Randabsaugung



Rechtliche Grundlagen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- Gefahrstoffverordnung
- Betriebssicherheitsverordnung
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge
- DGUV Vorschrift 3 und 4 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“
- DGUV Vorschrift 15 und 16 „Elektromagnetische Felder“
- DGUV Vorschrift 52 und 53 „Krane“
- TRGS 401 (Gefährdungen durch Hautkontakt)
- TRGS 402 (Inhalative Exposition)
- TRGS 500 (Schutzmaßnahmen)
- TRGS 722 (Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre)
- DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“
- DGUV Regel 112-190 „Benutzung von Atemschutzgeräten“
- DGUV Regel 113-001 „Explosionsschutz-Regeln“



Weitere Informationen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- DGUV Information 203-043 „Beeinflussung von Implantaten durch elektromagnetische Felder“
- DGUV Information 209-009 „Galvanisieren“
- DGUV Information 213-716 „Galvanotechnik und Eloxieren“
- Fachbereich AKTUELL FBHM-122 „Hilfestellungen zum Explosionsschutzkonzept und zur Zoneneinteilung für explosionsgefährdete Bereiche verschiedener Verfahren in Galvanik- und Anodisieranlagen“
- VDE 0113-1:2014-10 „Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen, Teil 1: Allgemeine Anforderungen“
- DIN EN 12599:2013-01 „Prüf- und Messverfahren für die Übergabe raumlufttechnischer Anlagen“
- DIN EN 17059:2018 „Galvanik- und Anodisieranlagen – Sicherheitsanforderungen“
- VDI-Richtlinie 2262 Blatt 4: März 2006 „Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz; Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe“
- Leitfaden des ZVO (2016) zur Auslegung von Abluftanlagen an Galvanikanlagen
- Handlungshilfe der BG ETEM „Gefahrstoffe in der Galvanotechnik und Oberflächenveredelung“ (S 015)



Chemische Gefährdungen

- Inhalative Gefährdungen: Einatmung von laugehaltigen Aerosolen (Natronlauge, Ätznatron) beim Betrieb und beim Ansetzen/Nachschärfen
- Dermale Gefährdungen: gemäß TRGS 401 mittel bis hoch bei handbeschickten Prozessen entsprechend dem geringen Automatisierungsgrad; durch direkte Berührung des Elektrolyten bzw. Spritzer Reizwirkung und Sensibilisierung der Haut; gering bei handgeführten oder automatischen Beschickungseinrichtungen
- Orale Gefährdungen: bei Nichtbeachtung der Hygienemaßnahmen (Verweis auf TRGS 500); Reizwirkung nach Verschlucken, akute Vergiftung bei Nichtbeachtung der Hygienemaßnahmen (cyanidische Elektrolyte)



Schutzmaßnahmen bei chemischen Gefährdungen

Immer anzuwendende Schutzmaßnahmen:

- **T1** Absaugung am Elektrolyten (z. B. Rand- oder Wandabsaugung).
- **T2** Überwachung der Technischen Lüftung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059

Durch diese Maßnahme werden in der Regel die jeweiligen Beurteilungsmaßstäbe (siehe Abschnitt 4.4) eingehalten.

Wird durch diese Maßnahme die Unterschreitung des jeweiligen Beurteilungsmaßstabes als Schutzziel nicht erreicht, müssen folgende Schutzmaßnahmen einzeln oder kombiniert zusätzlich angewendet werden:

- **T3** Geschlossene Anlage mit Absaugung
- **T4** Lüftungskabine am Beschickungswagen
- **T5** Abdeckung der Elektrolytbehälter
- **T6** Raumlufthechnische Anlage
- **T7** Festverlegte Rohrleitungen zu den Prozessbehältern
- **T8** Beschickungsanlage mit Aushängesicherung und Tropfschutz
- **O1** Regelmäßige Kontrolle und Funktionsprüfung der Absauganlage
- **O2** Regelmäßige Prüfung der Lüftungstechnischen Einrichtung durch eine befähigte Person
- **O3** Regelmäßige Reinigung der Lüftungskanäle und der Umgebung der Prozessbehälter von Anhaftungen oder Verkrustungen durch Salze
- **P1** Persönliche Schutzausrüstung bei Arbeiten mit Säure oder Lauge, wenn Hautkontakt möglich, z. B. bei der Probenahme oder bei der Handgalvanik
Probenahme: Laborkittel und Augenschutz, Chemikalienschutzhandschuhe
Handgalvanik: Augenschutz, bei Bedarf Gesichtsschutz, Chemikalienschutzhandschuhe, chemikalienfeste Arbeitskleidung, Kunststoffschürze, Gummistiefel
- **P2** Atemschutz gegen Aerosole (Natronlauge, Ätznatron, Natriumcyanid) beim Ansetzen/Nachschärfen



Gefährdungen durch Brände und Explosionen

- Brand- und Explosionsgefahr durch Kurzschlüsse oder Überlast durch fehlerhafte elektrische Verbindungen
- Brand- und Explosionsgefahr aufgrund von Wasserstoff- oder Sauerstoffentwicklung



Schutzmaßnahmen gegen Brände und Explosionen

- **T1** Wirksame lufttechnische Maßnahmen (Absaugung) zur Verhinderung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre
- **T2** Überwachung der technischen Lüftung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059
- **T3** Abschalten der Gleichrichter zum Beenden der Wasserstoff- und Sauerstoffentwicklung, wenn die Überwachung der technischen Lüftung die Unwirksamkeit der lufttechnischen Maßnahmen feststellt (Abluftvolumenstrom unter Auslegungswerten), Verknüpfung dieser Maßnahme mit Überwachung der technischen Lüftung über die Steuerung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059
- **T4** Vermeidung und Reduzierung von Zündquellen im Rahmen des Explosionschutzkonzeptes unter Berücksichtigung der Einteilung der explosionsgefährdeten Bereiche in Zonen; alle elektrischen und nichtelektrischen Geräte und Bauteile müssen in Übereinstimmung mit den geforderten Kategorien gestaltet und konstruiert sein, damit jede wirksame Zündquelle vermieden wird.

- **T5** Vermeidung von Zündquellen, z. B. durch das Abschalten des Stroms beim Ein- und Ausfahren der Warenträger in die Prozessbehälter, bei denen sich Wasserstoff unter Schaumbildung entwickelt
- **O1** Erstellung eines Explosionsschutzdokumentes mit Zonenplan für die explosionsgefährdeten Bereiche
- **O2** Prüfung der Galvanikanlage als ortsfeste elektrische Anlage nach DGUV Vorschrift 3 und 4
- **O3** Arbeitstäglige Funktionsprüfung und regelmäßige Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person
- **O4** Thermografische Untersuchungen (Wärmebildkamera)



Mechanische Gefährdungen

- Quetsch- und Scherstellen aufgrund von Beschickungseinrichtungen, Warenträgerbewegung, an offenen Zahnradantrieben (Trommelanlagen)



Schutzmaßnahmen gegen mechanische Gefährdungen

- **T1** Verhinderung des Zugriffs in Quetsch- und Scherstellen durch trennende Schutzeinrichtungen und Schutzeinrichtungen mit Annäherungsfunktion, z. B. Schutzbügel
- **O1** Arbeitstäglige Funktionsprüfung und regelmäßige Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person



Gefährdungen durch Lärm

- Trommelanlagen



Schutzmaßnahmen gegen Lärm

- **T1** Reduzierung der Fallhöhe der Werkstücke (z. B. an Trommelanlagen durch Reduzierung der Fallhöhe zwischen Trommelöffnung und Auffangbehälter bzw. Rutsche)
- **T2** Verwenden von entdröhnten Materialien (Sandwichblechen, Verbundmaterialien) zur Konstruktion von Rutschen, Leitblechen und Auffangbehältern
- **T3** Aufbringen von lärmindernden Auskleidungen, Matten oder Kunststoffbeschichtungen an Rutschen, Leitblechen und Auffangbehältern
- **P1** Tragen von geeignetem Gehörschutz (z. B. Gehörschutzstöpsel, Bügelgehörschützer, Kapseln, Otoplastiken)



Elektrische Gefährdungen

- Durch elektrischen Schlag bei feuchten und nassen Umgebungsbedingungen (d. h. in feuchten und nassen Räumen) aufgrund von direktem oder indirektem Berühren in Bereichen mit mehr als 30 V Gleichspannung oder 12 V Wechselspannung
- Bei feuchten und nassen Umgebungsbedingungen (d. h. in feuchten und nassen Räumen) ist ein Schutz gegen indirektes und direktes Berühren nicht erforderlich, wenn die Nennspannung des SELV- oder PELV-Systems 30 V Gleichspannung oder 12 V Wechselspannung nicht überschreitet.



Schutzmaßnahmen gegen elektrische Gefährdungen

- **T1** Schutz gegen elektrischen Schlag durch Basisschutz nach VDE 0113-1 (insbesondere Gehäuse, Isolierung)
- **T2** Schutz gegen elektrischen Schlag durch feststehende trennende Schutzeinrichtungen und Verriegelungen der elektrischen Stromversorgung mit beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen oder berührungslos wirkenden Schutzeinrichtungen
- **O1** Die elektrische Ausrüstung ist gegen äußere Einflüsse (z. B. mechanische, thermische, chemische Beanspruchung) zu schützen.
- **O2** Elektrische Einrichtungen dürfen nur von einer Elektrofachkraft oder unter deren Leitung und Aufsicht den elektrotechnischen Regeln entsprechend errichtet, geändert und instandgehalten werden.
- **O3** Regelmäßige, mindestens jährliche Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person



Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

- Von Personen mit aktiven Implantaten (z. B. Herzschrittmacher) durch magnetische Felder insbesondere in der Nähe von Wechselrichtern/Gleichrichtern und stromführenden Bauteilen (z. B. Schienen)



Schutzmaßnahmen bei Personen mit aktiven Implantaten gegen Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

- **O1** Für die Beschäftigten sind individuelle Lösungen zu erarbeiten:
 - Die Arbeits- und Aufenthaltsbereiche sind entsprechend den Nutzungsmerkmalen der Bereiche und der vorhandenen Quellen festzulegen.
 - Die auftretende Exposition ist durch Berechnung, Messung, Herstellerangaben oder im Vergleich mit ähnlichen EMF-Quellen zu ermitteln.
- **O2** für Besucher und Besucherinnen sowie Fremdpersonal sind auf dem Unternehmensgelände in der Regel organisatorische Schutzmaßnahmen zu treffen.

Nach der DGUV Information 203-043 sind dann folgende Schutzmaßnahmen durchzuführen:

- Erstellung von Betriebsanweisungen

- Kennzeichnung der Bereiche, die von Personen mit Implantaten nicht betreten werden dürfen
- Unterweisung von Beschäftigten und Fremdpersonal
- Information von Besuchern und Besucherinnen



Thermische Gefährdung durch Hitze

keine



Schutzmaßnahmen gegen thermische Gefährdungen

keine



Arbeitsmedizinische Vorsorge

- Angebotsvorsorge bei Tätigkeiten mit Exposition gegenüber atemwegssensibilisierenden Stoffen (DGUV Empfehlung Tätigkeiten mit Stoffen, die obstruktive Atemwegserkrankungen auslösen können) für exponierte Beschäftigte mit bronchialer Überempfindlichkeit (siehe Kapitel 3.4)
- Angebotsvorsorge (Auslösewert 80 dB(A)) oder Pflichtvorsorge (Auslösewert 85 dB(A)) bei Tätigkeiten mit Lärmexposition (DGUV Empfehlung Lärm)
- Angebotsvorsorge (bei Feuchtarbeit > 2 h) oder Pflichtvorsorge (bei Feuchtarbeit > 4 h) (DGUV Empfehlung Gefährdung der Haut)
- Angebotsvorsorge bei Tätigkeiten mit Exposition gegenüber hautsensibilisierend wirkenden Stoffen (DGUV Empfehlung Gefährdung der Haut)
- Angebots- bzw. Pflichtvorsorge bei Tätigkeiten, die das Tragen von Atemschutzgeräten erfordern (DGUV Empfehlung Atemschutzgeräte Vorsorge)

3.1.4 Dekapieren

Eingesetzte Säuren und Laugen beim Dekapieren verursachen 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.



Abb. 4: Dekapierung an einer halbautomatischen Gestellanlage



Rechtliche Grundlagen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- Gefahrstoffverordnung
- Betriebssicherheitsverordnung
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge
- DGUV Vorschrift 3 und 4 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“
- DGUV Vorschrift 52 und 53 „Krane“
- TRGS 401 (Gefährdungen durch Hautkontakt)
- TRGS 402 (Inhalative Exposition)
- TRGS 500 (Schutzmaßnahmen)
- DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“



Weitere Informationen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- DGUV Information 209-009 „Galvanisieren“
- DGUV Information 213-716 „Galvanotechnik und Eloxieren“
- VDE 0113-1:2014-10 „Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen, Teil 1: Allgemeine Anforderungen“
- DIN EN 12599:2013-01 „Prüf- und Messverfahren für die Übergabe raumluftechnischer Anlagen“
- VDI-Richtlinie 2262 Blatt 4: März 2006 „Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz; Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe“
- Leitfaden des ZVO (2016) zur Auslegung von Abluftanlagen an Galvanikanlagen
- Handlungshilfe der BG ETEM „Gefahrstoffe in der Galvanotechnik und Oberflächenveredelung“ (S 015)



Chemische Gefährdungen

- Inhalative Gefährdungen: Einatmung von säure- bzw. laugehaltigen Aerosolen (Schwefelsäure, Salzsäure, Salpetersäure und hierdurch verursachte Stickoxide NOx bzw. Natronlauge)
- Dermale Gefährdungen: gemäß TRGS 401 mittel bis hoch bei handbeschickten Prozessen entsprechend dem geringen Automatisierungsgrad; durch direkte Berührung des Elektrolyten bzw. Spritzer Reizwirkung und Sensibilisierung der Haut; gering bei handgeführten oder automatischen Beschickungseinrichtungen
- Orale Gefährdungen: bei Nichtbeachtung der Hygienemaßnahmen (Verweis auf TRGS 500), Reizwirkung nach Verschlucken, akute Vergiftung bei Nichtbeachtung der Hygienemaßnahmen (cyanidische Elektrolyte)



Schutzmaßnahmen bei chemischen Gefährdungen

Immer anzuwendende Schutzmaßnahmen:

- **T1** Absaugung am Elektrolyten (z. B. Rand- oder Wandabsaugung).
- **T2** Überwachung der Technischen Lüftung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059

Durch diese Maßnahme werden in der Regel die jeweiligen Beurteilungsmaßstäbe (siehe Abschnitt 4.4) eingehalten.

Wird durch diese Maßnahme die Unterschreitung des jeweiligen Beurteilungsmaßstabes als Schutzziel nicht erreicht, müssen folgende Schutzmaßnahmen einzeln oder kombiniert zusätzlich angewendet werden:

- **T3** Emissionsmindernde Maßnahmen (z. B. der Einsatz von Netzmittel)
- **T4** Geschlossene Anlage mit Absaugung
- **T5** Lüftungskabine am Beschickungswagen

- **T6** Abdeckung der Elektrolytbehälter
 - **T7** Raumlufthechnische Anlage
 - **T8** Festverlegte Rohrleitungen zu den Prozessbehältern
 - **T9** Beschickungsanlage mit Aushängesicherung und Tropfschutz
 - **O1** Regelmäßige Kontrolle und Funktionsprüfung der Absauganlage
 - **O2** Regelmäßige Prüfung der Lüftungstechnischen Einrichtung durch eine befähigte Person
 - **O3** Regelmäßige Reinigung der Lüftungskanäle und der Umgebung der Prozessbehälter von Anhaftungen oder Verkrustungen durch Salze
 - **P1** Persönliche Schutzausrüstung bei Arbeiten mit Säure oder Lauge, wenn Hautkontakt möglich, z. B. bei der Probenahme oder bei der Handgalvanik
- Probenahme: Laborkittel und Augenschutz, Chemikalienschutzhandschuhe
Handgalvanik: Augenschutz, bei Bedarf Gesichtsschutz, Chemikalienschutzhandschuhe, chemikalienfeste Arbeitskleidung, Kunststoffschürze, Gummistiefel



Gefährdungen durch Brände und Explosionen

- Brandgefahr durch Kurzschlüsse oder Überlast durch fehlerhafte elektrische Verbindungen



Schutzmaßnahmen gegen Brände und Explosionen

- **O1** Prüfung der Galvanikanlage als ortsfeste elektrische Anlage nach DGUV Vorschrift 3 und 4
- **O2** Thermografische Untersuchungen (Wärmebildkamera)



Mechanische Gefährdungen

- Quetsch- und Scherstellen aufgrund von Beschickungseinrichtungen, Warenträgerbewegung, an offenen Zahnradantrieben (Trommelanlagen)



Schutzmaßnahmen gegen mechanische Gefährdungen

- **T1** Verhinderung des Zugriffs in Quetsch- und Scherstellen durch trennende Schutzeinrichtungen und Schutzeinrichtungen mit Annäherungsfunktion, z. B. Schutzbügel
- **O1** Arbeitstäglige Funktionsprüfung und regelmäßige Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person



Gefährdungen durch Lärm

- Trommelanlagen



Schutzmaßnahmen gegen Lärm

- **T1** Reduzierung der Fallhöhe der Werkstücke (z. B. an Trommelanlagen durch Reduzierung der Fallhöhe zwischen Trommelöffnung und Auffangbehälter bzw. Rutsche)
- **T2** Verwenden von entdröhnten Materialien (Sandwichblechen, Verbundmaterialien) zur Konstruktion von Rutschen, Leitblechen und Auffangbehältern
- **T3** Aufbringen von lärmindernden Auskleidungen, Matten oder Kunststoffbeschichtungen an Rutschen, Leitblechen und Auffangbehältern
- **P1** Tragen von geeignetem Gehörschutz (z. B. Gehörschutzstöpsel, Bügelgehörschützer, Kapseln, Otoplastiken)



Elektrische Gefährdungen

- Durch elektrischen Schlag bei feuchten und nassen Umgebungsbedingungen (d. h. in feuchten und nassen Räumen) aufgrund von direktem oder indirektem Berühren in Bereichen mit mehr als 30 V Gleichspannung oder 12 V Wechselspannung
- Bei feuchten und nassen Umgebungsbedingungen (d. h. in feuchten und nassen Räumen) ist ein Schutz gegen indirektes und direktes Berühren nicht erforderlich, wenn die Nennspannung des SELV- oder PELV-Systems 30 V Gleichspannung oder 12 V Wechselspannung nicht überschreitet.



Schutzmaßnahmen gegen elektrische Gefährdungen

- **T1** Schutz gegen elektrischen Schlag durch Basisschutz nach VDE 0113-1 (insbesondere Gehäuse, Isolierung)
- **T2** Schutz gegen elektrischen Schlag durch feststehende trennende Schutzeinrichtungen und Verriegelungen der elektrischen Stromversorgung mit beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen oder berührungslos wirkenden Schutzeinrichtungen
- **O1** Die elektrische Ausrüstung ist gegen äußere Einflüsse (z. B. mechanische, thermische, chemische Beanspruchung) zu schützen.
- **O2** Elektrische Einrichtungen dürfen nur von einer Elektrofachkraft oder unter deren Leitung und Aufsicht den elektrotechnischen Regeln entsprechend errichtet, geändert und instandgehalten werden.
- **O3** Regelmäßige, mindestens jährliche Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person



Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

keine



Schutzmaßnahmen gegen Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

keine



Thermische Gefährdung durch Hitze

keine



Schutzmaßnahmen gegen thermische Gefährdungen

keine



Arbeitsmedizinische Vorsorge

- Angebotsvorsorge (Auslösewert 80 dB(A)) oder Pflichtvorsorge (Auslösewert 85 dB(A)) bei Tätigkeiten mit Lärmexposition (DGUV Empfehlung Lärm)
- Angebotsvorsorge (bei Feuchtarbeit > 2 h) oder Pflichtvorsorge (bei Feuchtarbeit > 4 h) (DGUV Empfehlung Gefährdung der Haut)
- Angebotsvorsorge bei Tätigkeiten mit Exposition gegenüber hautsensibilisierend wirkenden Stoffen (DGUV Empfehlung Gefährdung der Haut)

3.1.5 Beizen

Eingesetzte Säuren und Laugen beim Beizen verursachen besonders bei handbeschickten Prozessen hohe inhalative und dermale chemische Gefährdungen. Eine wirksame Absaugung reduziert diese Gefährdungen (z. B. Reizung der Atemwege durch Nitrose Gase) ebenso wie die Brand- und Explosionsgefahr durch den freiwerdenden Wasserstoff. Mechanische Gefährdungen sind an Beschickungseinrichtungen und Trommelanlagen zu beachten. An Trommelanlagen existieren auch Gefährdungen durch Lärm.

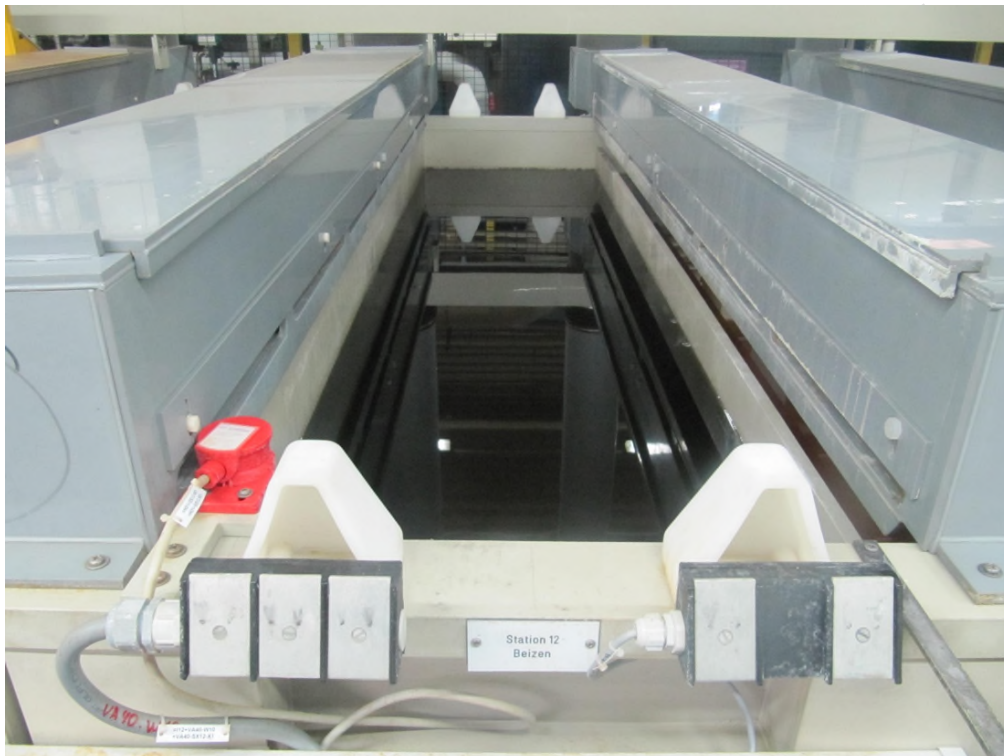


Abb. 5: Saure Beize in einer Trommelanlage



Rechtliche Grundlagen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- Gefahrstoffverordnung
- Betriebssicherheitsverordnung
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge
- DGUV Vorschrift 3 und 4 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“
- DGUV Vorschrift 15 und 16 „Elektromagnetische Felder“
- DGUV Vorschrift 52 und 53 „Krane“
- TRGS 401 (Gefährdungen durch Hautkontakt)
- TRGS 402 (Inhalative Exposition)
- TRGS 500 (Schutzmaßnahmen)
- TRGS 722 (Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre)
- DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“

- DGUV Regel 113-001 „Explosionsschutzregel“



Weitere Informationen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- DGUV Information 209-009 „Galvanisieren“
- DGUV Information 213-716 „Galvanotechnik und Eloxieren“
- Fachbereich AKTUELL FBHM-122 „Hilfestellungen zum Explosionsschutzkonzept und zur Zoneneinteilung für explosionsgefährdete Bereiche verschiedener Verfahren in Galvanik- und Anodisanlagen“
- VDE 0113-1:2014-10 „Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen, Teil 1: Allgemeine Anforderungen“
- DIN EN 12599:2013-01 Prüf- und Messverfahren für die Übergabe raumlufttechnischer Anlagen
- DIN EN 17059:2018 „Galvanik- und Anodisanlagen – Sicherheitsanforderungen“
- VDI-Richtlinie 2262 Blatt 4: März 2006 „Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz; Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe“
- Leitfaden des ZVO (2016) zur Auslegung von Abluftanlagen an Galvanikanlagen
- Handlungshilfe der BG ETEM „Gefahrstoffe in der Galvanotechnik und Oberflächenveredelung“ (S 015)



Chemische Gefährdungen

- Inhalative Gefährdungen: Einatmung von säure- bzw. laugehaltigen Aerosolen (Salpetersäure, Schwefelsäure, Salzsäure, Flusssäure, Phosphorsäure, Natronlauge), Reizungen der Atemwege durch Dämpfe (z. B. Nitrose Gase)
- Dermale Gefährdungen: gemäß TRGS 401 mittel bis hoch bei handbeschickten Prozessen entsprechend dem geringen Automatisierungsgrad; durch direkte Berührung des Elektrolyten bzw. Spritzer Reizwirkung und Sensibilisierung der Haut; gering bei handgeführten oder automatischen Beschickungseinrichtungen
- Orale Gefährdungen: bei Nichtbeachtung der Hygienemaßnahmen (Verweis auf TRGS 500); Reizwirkung nach Verschlucken



Schutzmaßnahmen bei chemischen Gefährdungen

- **T1** Geschlossene Anlage mit Absaugung
- **T2** Lüftungskabine am Beschickungswagen
- **T3** Absaugung am Elektrolyten (z. B. Rand- oder Wandabsaugung)
- **T4** Abdeckung der Elektrolytbehälter
- **T5** Raumlufttechnische Anlage
- **T6** Festverlegte Rohrleitungen zu den Prozessbehältern
- **T7** Beschickungsanlage mit Aushängesicherung und Tropfschutz
- **T8** Überwachung der technischen Lüftung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059
- **O1** Regelmäßige Kontrolle und Funktionsprüfung der Absauganlage

- **O2** Regelmäßige Prüfung der Lüftungstechnischen Einrichtung durch eine befähigte Person
- **O3** Regelmäßige Reinigung der Lüftungskanäle und der Umgebung der Prozessbehälter von Anhaftungen oder Verkrustungen durch Salze
- **P1** Persönliche Schutzausrüstung bei Arbeiten mit Säure oder Lauge, wenn Hautkontakt möglich, z. B. bei der Probenahme oder bei der Handgalvanik
Probenahme: Laborkittel und Augenschutz, Chemikalienschutzhandschuhe
Handgalvanik: Augenschutz, bei Bedarf Gesichtsschutz, Chemikalienschutzhandschuhe, chemikalienfeste Arbeitskleidung, Kunststoffschürze, Gummistiefel



Gefährdungen durch Brände und Explosionen

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



Schutzmaßnahmen gegen Brände und Explosionen

- **T1** Wirksame lufttechnische Maßnahmen (Absaugung) zur Verhinderung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre
- **T2** Überwachung der technischen Lüftung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059
- **T3** Abschalten der Gleichrichter zum Beenden der Wasserstoff- und Sauerstoffentwicklung, wenn die Überwachung der technischen Lüftung die Unwirksamkeit der lufttechnischen Maßnahmen feststellt (Abluftvolumenstrom unter Auslegungswerten), Verknüpfung dieser Maßnahme mit Überwachung der technischen Lüftung über die Steuerung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059
- **T4** Vermeidung und Reduzierung von Zündquellen im Rahmen des Explosionsschutzkonzeptes unter Berücksichtigung der Einteilung der explosionsgefährdeten Bereiche in Zonen; alle elektrischen und nichtelektrischen Geräte und Bauteile müssen in Übereinstimmung mit den geforderten Kategorien gestaltet und konstruiert sein, damit jede wirksame Zündquelle vermieden wird.
- **T5** Vermeidung von Zündquellen, z. B. durch das Abschalten des Stroms beim Ein- und Ausfahren der Warenträger in die Prozessbehälter, bei denen sich Wasserstoff unter Schaumbildung entwickelt
- **O1** Erstellung eines Explosionsschutzdokumentes mit Zonenplan für die explosionsgefährdeten Bereiche
- **O2** Prüfung der Galvanikanlage als ortsfeste elektrische Anlage nach DGUV Vorschrift 3 und 4
- **O3** Arbeitstäglige Funktionsprüfung und regelmäßige Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person
- **O4** Thermografische Untersuchungen (Wärmebildkamera)



Mechanische Gefährdungen

- Quetsch- und Scherstellen aufgrund von Beschickungseinrichtungen, Warenträgerbewegung, an offenen Zahnradantrieben (Trommelanlagen)



Schutzmaßnahmen gegen mechanische Gefährdungen

- **T1** Verhinderung des Zugriffs in Quetsch- und Scherstellen durch trennende Schutzeinrichtungen und Schutzeinrichtungen mit Annäherungsfunktion, z. B. Schutzbügel
- **O1** Arbeitstägliche Funktionsprüfung und regelmäßige Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person



Gefährdungen durch Lärm

- Trommelanlagen



Schutzmaßnahmen gegen Lärm

- **T1** Reduzierung der Fallhöhe der Werkstücke (z. B. an Trommelanlagen durch Reduzierung der Fallhöhe zwischen Trommelöffnung und Auffangbehälter bzw. Rutsche)
- **T2** Verwenden von entdröhnten Materialien (Sandwichblechen, Verbundmaterialien) zur Konstruktion von Rutschen, Leitblechen und Auffangbehältern
- **T3** Aufbringen von lärm mindernden Auskleidungen, Matten oder Kunststoffbeschichtungen an Rutschen, Leitblechen und Auffangbehältern
- **P1** Tragen von geeignetem Gehörschutz (z. B. Gehörschutzstöpsel, Bügelgehörschützer, Kapseln, Otoplastiken)



Elektrische Gefährdungen

- Durch elektrischen Schlag bei feuchten und nassen Umgebungsbedingungen (d. h. in feuchten und nassen Räumen) aufgrund von direktem oder indirektem Berühren in Bereichen mit mehr als 30 V Gleichspannung oder 12 V Wechselspannung
- Bei feuchten und nassen Umgebungsbedingungen (d. h. in feuchten und nassen Räumen) ist ein Schutz gegen indirektes und direktes Berühren nicht erforderlich, wenn die Nennspannung des SELV- oder PELV-Systems 30 V Gleichspannung oder 12 V Wechselspannung nicht überschreitet.



Schutzmaßnahmen gegen elektrische Gefährdungen

- **T1** Schutz gegen elektrischen Schlag durch Basisschutz nach VDE 0113-1 (insbesondere Gehäuse, Isolierung)

- **T2** Schutz gegen elektrischen Schlag durch feststehende trennende Schutzeinrichtungen und Verriegelungen der elektrischen Stromversorgung mit beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen oder berührungslos wirkenden Schutzeinrichtungen
- **O1** Die elektrische Ausrüstung ist gegen äußere Einflüsse (z. B. mechanische, thermische, chemische Beanspruchung) zu schützen.
- **O2** Elektrische Einrichtungen dürfen nur von einer Elektrofachkraft oder unter deren Leitung und Aufsicht den elektrotechnischen Regeln entsprechend errichtet, geändert und instandgehalten werden.
- **O3** Regelmäßige, mindestens jährliche Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person



Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

keine



Schutzmaßnahmen gegen Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

keine



Thermische Gefährdung durch Hitze

- Die Elektrolyttemperatur kann bis zu 70 °C betragen, es besteht eine Gefährdung durch heiße Oberflächen (Behälterwandung und Rohrleitungen).



Schutzmaßnahmen gegen thermische Gefährdungen

- **T1** Isolierung der Prozessbehälter und Rohrleitungen
- **T2** Trennende Schutzeinrichtungen (z. B. Geländer, oder Bleche und Verkleidungen)



Arbeitsmedizinische Vorsorge

- Angebotsvorsorge bei Tätigkeiten mit Exposition gegenüber atemwegssensibilisierenden Stoffen (DGUV Empfehlung Tätigkeiten mit Stoffen, die obstruktive Atemwegserkrankungen auslösen können) für exponierte Beschäftigte mit bronchialer Überempfindlichkeit (siehe Kapitel 3.4)
- Angebotsvorsorge (Auslösewert 80 dB(A)) oder Pflichtvorsorge (Auslösewert 85 dB(A)) bei Tätigkeiten mit Lärmexposition (DGUV Empfehlung Lärm)
- Angebotsvorsorge (bei Feuchtarbeit > 2 h) oder Pflichtvorsorge (bei Feuchtarbeit > 4 h) (DGUV Empfehlung Gefährdung der Haut)
- Angebotsvorsorge bei Tätigkeiten mit Exposition gegenüber hautsensibilisierend wirkenden Stoffen (DGUV Empfehlung Gefährdung der Haut)

3.2 Gefahren und Maßnahmen bei der Oberflächenbehandlung

Bei den Beschichtungsverfahren im Rahmen der Oberflächenbehandlung kommen galvanische (Galvanisieren) und chemische (außenstromlose Metallabscheidung) Verfahren zur Anwendung.

Das Galvanisieren ist die elektrochemische Metallabscheidung auf Metallen und leitend gemachten Nichtleitern, z. B. Kunststoffen, durch Anlegen einer Fremdspannung. Hierbei erfolgt die Abscheidung mit niedergespanntem Gleichstrom, wobei das zu beschichtende Werkstück als Kathode geschaltet ist. An der Kathode wird das Metall abgeschieden. Das abzuscheidende Metall wird entweder durch Lösen einer Anode oder durch Einbringen von gelösten Metallsalzen in den Elektrolyten ergänzt.

Bei den chemischen Verfahren werden die Überzüge aus einer Metallsalzlösung ohne Anlegen einer Fremdspannung abgeschieden. Die Abscheidung beginnt durch Ladungsaustausch und kann in einigen Fällen autokatalytisch weitergeführt werden. Das unedlere Metall geht in Lösung beziehungsweise ein Reduktionsmittel wird verbraucht, während sich das edlere Metall aus der Salzlösung auf dem Werkstück abscheidet. Im Folgenden werden die einzelnen Verfahren näher beschrieben.

3.2.1 Hartverchromen von Serienbauteilen

Chrom(VI)-Verbindungen beim Hartverchromen von Serienbauteilen verursachen hohe inhalative, dermale und orale chemische Gefährdungen. Eine wirksame Absaugung reduziert diese Gefährdungen ebenso wie die Brand- und Explosionsgefahr durch den freiwerdenden Wasserstoff. Elektromagnetische Felder gefährden nicht nur Personen mit aktiven Implantaten. Mechanische Gefährdungen sind an Beschickungseinrichtungen zu beachten.



Rechtliche Grundlagen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- Gefahrstoffverordnung
- Betriebssicherheitsverordnung
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge
- DGUV Vorschrift 3 und 4 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“
- DGUV Vorschrift 15 und 16 „Elektromagnetische Felder“
- DGUV Vorschrift 52 und 53 „Krane“
- TRBA/TRGS 406 (Sensibilisierende Stoffe für die Atemwege)
- TRGS 401 (Gefährdungen durch Hautkontakt),
- TRGS 402 (Inhalative Exposition)
- TRGS 500 (Schutzmaßnahmen)
- TRGS 561 (Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen und Verbindungen)
- TRGS 722 (Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre)
- DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“
- DGUV Regel 113-001 „Explosionsschutz-Regeln“



Abb. 6: Hartverchromen von Serienbauteilen in Gestellanlage mit Beschickungseinrichtung



Weitere Informationen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- DGV Information 203-043 „Beeinflussung von Implantaten durch elektromagnetische Felder“
- DGV Information 209-009 „Galvanisieren“
- DGV Information 213-716 „Galvanotechnik und Eloxieren“
- Fachbereich AKTUELL FBHM-122 „Hilfestellungen zum Explosionsschutzkonzept und zur Zoneneinteilung für explosionsgefährdete Bereiche verschiedener Verfahren in Galvanik- und Anodisieranlagen“
- VDE 0113-1:2014-10 „Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen, Teil 1: Allgemeine Anforderungen“
- DIN EN 12599:2013-01 „Prüf- und Messverfahren für die Übergabe raumlufttechnischer Anlagen“
- DIN EN 17059:2018 „Galvanik- und Anodisieranlagen – Sicherheitsanforderungen“
- VDI-Richtlinie 2262 Blatt 4: März 2006 „Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz; Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe“
- Leitfaden des ZVO (2016) zur Auslegung von Abluftanlagen an Galvanikanlagen

- Handlungshilfe der BG ETEM „Gefahrstoffe in der Galvanotechnik und Oberflächenveredelung“ (S 015)



Chemische Gefährdungen

- Inhalative Gefährdungen: Einatmung CrVI-haltigen Aerosolen
- Dermale Gefährdungen: gering aufgrund des hohen Automatisierungsgrades (Verweis auf TRGS 401)
- Orale Gefährdungen: bei Nichtbeachtung der Hygienemaßnahmen (Verweis auf TRGS 500)



Schutzmaßnahmen bei chemischen Gefährdungen

- **T1** Geschlossene Verchromungsanlagen mit einer mechanischen Abdeckung und Absaugung (Wirksamkeit nachgewiesen z. B. nach DIN 12599)
oder
- **T2** Quasi-geschlossene Anlage: Prozessbehälter mit mechanischer Abdeckung und abgesaugtem Transportwagen
in Verbindung mit
- **T3** Festverlegte Rohrleitungen zu den Verchromungsanlagen
- **T4** Technische Funktionsüberwachung der Absauganlage mit Rückkopplung zum Chromelektrolyten
- **T5** Ausreichende technische Raumlüftung
- **T6** Beschickungsanlage mit Aushängesicherung und Tropfschutz
- **T7** Überwachung der technischen Lüftung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059
- **O1** Gründliches Abspülen der Zylinder vor der Entnahme aus den Verchromungs-Prozessbehältern (nur Tiefdruck)
- **O2** Regelmäßige Kontrolle und Funktionsprüfung der Absauganlage
- **O3** Regelmäßige Prüfung der Lüftungstechnischen Einrichtung durch eine befähigte Person
- **O4** Regelmäßige Reinigung der Lüftungskanäle und der Umgebung der Prozessbehälter von Chromsäureanhaftungen oder Verkrustungen
- **P1** Persönliche Schutzausrüstung bei Arbeiten mit Chromsäure, wenn Hautkontakt möglich, z. B. bei der Probenahme oder bei der Handgalvanik

Probenahme: Laborkittel und Augenschutz, Chemikalienschutzhandschuhe

Handgalvanik: Augenschutz, bei Bedarf Gesichtsschutz, Chemikalienschutzhandschuhe, chemikalienfeste Arbeitskleidung, Kunststoffschürze, Gummistiefel



Gefährdungen durch Brände und Explosionen

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



Schutzmaßnahmen gegen Brände und Explosionen

- **T1** Wirksame lufttechnische Maßnahmen (Absaugung) zur Verhinderung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre
- **T2** Überwachung der technischen Lüftung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059
- **T3** Abschalten der Gleichrichter zum Beenden der Wasserstoff- und Sauerstoffentwicklung, wenn die Überwachung der technischen Lüftung die Unwirksamkeit der lufttechnischen Maßnahmen feststellt (Abluftvolumenstrom unter Auslegungswerten), Verknüpfung dieser Maßnahme mit Überwachung der technischen Lüftung über die Steuerung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059
- **T4** Vermeidung und Reduzierung von Zündquellen im Rahmen des Explosionschutzkonzeptes unter Berücksichtigung der Einteilung der explosionsgefährdeten Bereiche in Zonen; alle elektrischen und nichtelektrischen Geräte und Bauteile müssen in Übereinstimmung mit den geforderten Kategorien gestaltet und konstruiert sein, damit jede wirksame Zündquelle vermieden wird.
- **T5** Vermeidung von Zündquellen, z. B. durch das Abschalten des Stroms beim Ein- und Ausfahren der Warenträger in die Prozessbehälter, bei denen sich Wasserstoff unter Schaumbildung entwickelt
- **O1** Erstellung eines Explosionsschutzdokumentes mit Zonenplan für die explosionsgefährdeten Bereiche
- **O2** Prüfung der Galvanikanlage als ortsfeste elektrische Anlage nach DGUV Vorschrift 3 und 4
- **O3** Arbeitstäglige Funktionsprüfung und regelmäßige Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person
- **O4** Thermografische Untersuchungen (Wärmebildkamera)



Mechanische Gefährdungen

- Quetsch- und Scherstellen durch Beschickungseinrichtungen



Schutzmaßnahmen gegen mechanische Gefährdungen

- **T1** Verhinderung des Zugriffs in Quetsch- und Scherstellen durch trennende Schutzeinrichtungen und Schutzeinrichtungen mit Annäherungsfunktion, z. B. Schutzbügel
- **O1** Arbeitstäglige Funktionsprüfung und regelmäßige Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person



Gefährdungen durch Lärm

keine



Schutzmaßnahmen gegen Lärm

keine



Elektrische Gefährdungen

- Durch elektrischen Schlag bei feuchten und nassen Umgebungsbedingungen (d. h. in feuchten und nassen Räumen) aufgrund von direktem oder indirektem Berühren in Bereichen mit mehr als 30 V Gleichspannung oder 12 V Wechselspannung
- Bei feuchten und nassen Umgebungsbedingungen (d. h. in feuchten und nassen Räumen) ist ein Schutz gegen indirektes und direktes Berühren nicht erforderlich, wenn die Nennspannung des SELV- oder PELV-Systems 30 V Gleichspannung oder 12 V Wechselspannung nicht überschreitet.



Schutzmaßnahmen gegen elektrische Gefährdungen

- **T1** Schutz gegen elektrischen Schlag durch Basisschutz nach VDE 0113-1 (insbesondere Gehäuse, Isolierung)
- **T2** Schutz gegen elektrischen Schlag durch feststehende trennende Schutzeinrichtungen und Verriegelungen der elektrischen Stromversorgung mit beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen oder berührungslos wirkenden Schutzeinrichtungen
- **O1** Die elektrische Ausrüstung ist gegen äußere Einflüsse (z. B. mechanische, thermische, chemische Beanspruchung) zu schützen.
- **O2** Elektrische Einrichtungen dürfen nur von einer Elektrofachkraft oder unter deren Leitung und Aufsicht den elektrotechnischen Regeln entsprechend errichtet, geändert und instandgehalten werden.
- **O3** Regelmäßige, mindestens jährliche Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person



Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

- Von Personen mit aktiven Implantaten (z. B. Herzschrittmacher) durch magnetische Felder insbesondere in der Nähe von Wechselrichtern/Gleichrichtern und stromführenden Bauteilen (z. B. Schienen)
- Aller Beschäftigten aufgrund der sehr hohen Stromdichten und Sollstromstärken durch magnetische Felder insbesondere in der Nähe von Gleichrichtern und stromführenden Bauteilen (z. B. Schienen)
- Aller Beschäftigten aufgrund der Kraftwirkung auf magnetische Bauteile durch statische Magnetfelder



Schutzmaßnahmen bei Personen mit aktiven Implantaten gegen Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

- **O1** Für die Beschäftigten sind individuelle Lösungen zu erarbeiten:
 - Die Arbeits- und Aufenthaltsbereiche sind entsprechend den Nutzungsmerkmalen der Bereiche und der vorhandenen Quellen festzulegen.
 - Die auftretende Exposition ist durch Berechnung, Messung, Herstellerangaben oder im Vergleich mit ähnlichen EMF-Quellen zu ermitteln.
- **O2** für Besucher und Besucherinnen sowie Fremdpersonal sind auf dem Unternehmensgelände in der Regel organisatorische Schutzmaßnahmen zu treffen.

Nach der DGUV Information 203-043 sind dann folgende Schutzmaßnahmen durchzuführen:

- Erstellung von Betriebsanweisungen
- Kennzeichnung der Bereiche, die von Personen mit Implantaten nicht betreten werden dürfen
- Unterweisung von Beschäftigten und Fremdpersonal
- Information von Besuchern und Besucherinnen



Schutzmaßnahmen bei allen Personen mit gegen Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

- **O1** Die Expositionsbereiche sind entsprechend den Nutzungsmerkmalen der Bereiche und der vorhandenen Quellen festzulegen.
- **O2** Die auftretende Exposition ist durch Berechnung, Messung, Herstellerangaben oder im Vergleich mit ähnlichen EMF-Quellen zu ermitteln.
- **O3** Die Beurteilung einer Exposition ist durch den Vergleich mit den zulässigen Werten der Anlage 1 der DGUV Vorschrift 15 und 16 vorzunehmen.

Nach der DGUV Vorschrift 15 und 16 sind dann in Abhängigkeit vom festgelegten Expositionsbereich folgende Schutzmaßnahmen durchzuführen:

- **Expositionsbereich 1**
 - Erstellung von Betriebsanweisungen
 - Unterweisung
 - Zugangsverbot nur für Personen mit passiven Implantaten aus ferromagnetischen Materialien (Kennzeichnung)
- **Bereich erhöhter Exposition**
 - Erstellung von Betriebsanweisungen
 - Unterweisung
 - Kennzeichnung
 - Begrenzung der Aufenthaltsdauer
 - Zugangsregelungen
 - Sicherheitsabstand
 - Zugangsverbot für Personen mit passiven Implantaten (Kennzeichnung)



Thermische Gefährdung durch Hitze

keine



Schutzmaßnahmen gegen thermische Gefährdungen

keine



Arbeitsmedizinische Vorsorge

- Pflichtvorsorge für gegenüber Chrom (VI)-Verbindungen exponierte Beschäftigte (DGUV Empfehlung Chrom VI Verbindungen)
- Angebotsvorsorge bei Tätigkeiten mit Exposition gegenüber atemwegssensibilisierenden Stoffen (DGUV Empfehlung Tätigkeiten mit Stoffen, die obstruktive Atemwegserkrankungen auslösen können) für exponierte Beschäftigte mit bronchialer Überempfindlichkeit (siehe Kapitel 3.4)
- Angebotsvorsorge (bei Feuchtarbeit > 2 h) oder Pflichtvorsorge (bei Feuchtarbeit > 4 h) (DGUV Empfehlung Gefährdung der Haut)
- Angebotsvorsorge bei Tätigkeiten mit Exposition gegenüber hautsensibilisierend wirkenden Stoffen (DGUV Empfehlung Gefährdung der Haut)

3.2.2 Hartverchromung von Einzelbauteilen

Chrom(VI)-Verbindungen beim Hartverchromen von Einzelbauteilen verursachen hohe inhalative, dermale und orale chemische Gefährdungen. Eine wirksame Absaugung reduziert diese Gefährdungen ebenso wie die Brand- und Explosionsgefahr durch den freiwerdenden Wasserstoff. Elektromagnetische Felder gefährden nicht nur Personen mit aktiven Implantaten. Mechanische Gefährdungen sind an Beschickungseinrichtungen zu beachten.



Abb. 7: Hartverchromen mit Netzmittel auf dem Elektrolyten



Rechtliche Grundlagen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- Gefahrstoffverordnung
- Betriebssicherheitsverordnung
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge
- DGUV Vorschrift 3 und 4 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“
- DGUV Vorschrift 15 und 16 „Elektromagnetische Felder“
- DGUV Vorschrift 52 und 53 „Krane“
- TRBA/TRGS 406 (Sensibilisierende Stoffe für die Atemwege)
- TRGS 401 (Gefährdungen durch Hautkontakt)
- TRGS 402 (Inhalative Exposition)

- TRGS 500 (Schutzmaßnahmen)
- TRGS 561 (Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen und Verbindungen)
- TRGS 722 (Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre)
- DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“
- DGUV Regel 113-001 „Explosionsschutzregel“



Weitere Informationen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- DGUV Information 203-043 „Beeinflussung von Implantaten durch elektromagnetische Felder“
- DGUV Information 209-009 „Galvanisieren“
- DGUV Information 213-716 „Galvanotechnik und Eloxieren“
- Fachbereich AKTUELL FBHM-122 „Hilfestellungen zum Explosionsschutzkonzept und zur Zoneinteilung für explosionsgefährdete Bereiche verschiedener Verfahren in Galvanik- und Anodisieranlagen“
- VDE 0113-1:2014-10 „Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen, Teil 1: Allgemeine Anforderungen“
- DIN EN 12599:2013-01 „Prüf- und Messverfahren für die Übergabe raumluftechnischer Anlagen“
- DIN EN 17059:2018 „Galvanik- und Anodisieranlagen – Sicherheitsanforderungen“
- VDI-Richtlinie 2262 Blatt 4: März 2006 „Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz; Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe“
- Leitfaden des ZVO (2016) zur Auslegung von Abluftanlagen an Galvanikanlagen
- Handlungshilfe der BG ETEM „Gefahrstoffe in der Galvanotechnik und Oberflächenveredelung“ (S 015)



Chemische Gefährdungen

- Inhalative Gefährdungen: Einatmung von CrVI-haltigen Aerosolen
- Dermale Gefährdungen: gering aufgrund des hohen Automatisierungsgrades (Verweis auf TRGS 401)
- Orale Gefährdungen: bei Nichtbeachtung der Hygienemaßnahmen (Verweis auf TRGS 500)



Schutzmaßnahmen bei chemischen Gefährdungen

Immer anzuwendende Schutzmaßnahmen:

- **T1** Emissionsmindernde Maßnahmen (z. B. der Einsatz von Netzmittel)
- **T2** Absaugung am Elektrolyten (Rand- oder Wandabsaugung)
- **T3** Überwachung der technischen Lüftung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059

Wird durch diese Maßnahmen die Unterschreitung des Beurteilungsmaßstabes als Schutzziel nicht erreicht, müssen folgende Schutzmaßnahmen einzeln oder kombiniert zusätzlich angewendet werden:

- **T4** Geschlossene Anlage mit Absaugung
- **T5** Lüftungskabine am Beschickungswagen
- **T6** Abdeckung der Elektrolytbehälter
- **T7** Raumluftechnische Anlage
- **T8** Festverlegte Rohrleitungen zu den Verchromungsanlagen
- **T9** Beschickungsanlage mit Aushängesicherung und Tropfschutz

Der Beurteilungsmaßstab von Chrom VI wird erfahrungsgemäß unterschritten bei:

- **T10** Geschlossene Verchromungsanlagen mit einer mechanischen Prozessbehälterabdeckung und Absaugung mit raumluftechnischer Anlage (Wirksamkeit nachgewiesen z. B. nach DIN 12599)

oder

- **T11** Quasi-geschlossene Anlage: Prozessbehälter mit mechanischer Prozessbehälterabdeckung und abgesaugter Transportwagen

in Verbindung mit

- **O1** Regelmäßige Kontrolle und Funktionsprüfung der Absauganlage
- **O2** Regelmäßige Prüfung der Lüftungstechnischen Einrichtung durch eine befähigte Person
- **O3** Regelmäßige Reinigung der Lüftungskanäle und der Umgebung der Verchromungs-Prozessbehälter von Chromsäureanhaftungen oder Verkrustungen
- **P1** Persönliche Schutzausrüstung bei Arbeiten mit Chromsäure, wenn Hautkontakt möglich, z. B. bei der Probenahme oder bei der Handgalvanik

Probenahme: Laborkittel und Augenschutz, Chemikalienschutzhandschuhe

Handgalvanik: Augenschutz, bei Bedarf Gesichtsschutz, Chemikalienschutzhandschuhe, chemikalienfeste Arbeitskleidung, Kunststoffschürze, Gummistiefel



Gefährdungen durch Brände und Explosionen

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



Schutzmaßnahmen gegen Brände und Explosionen

- **T1** Wirksame lufttechnische Maßnahmen (Absaugung) zur Verhinderung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre
- **T2** Überwachung der technischen Lüftung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059

- **T3** Abschalten der Gleichrichter zum Beenden der Wasserstoff- und Sauerstoffentwicklung, wenn die Überwachung der technischen Lüftung die Unwirksamkeit der lufttechnischen Maßnahmen feststellt (Abluftvolumenstrom unter Auslegungswerten), Verknüpfung dieser Maßnahme mit Überwachung der technischen Lüftung über die Steuerung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059
- **T4** Vermeidung und Reduzierung von Zündquellen im Rahmen des Explosionsschutzkonzeptes unter Berücksichtigung der Einteilung der explosionsgefährdeten Bereiche in Zonen; alle elektrischen und nichtelektrischen Geräte und Bauteile müssen in Übereinstimmung mit den geforderten Kategorien gestaltet und konstruiert sein, damit jede wirksame Zündquelle vermieden wird.
- **T5** Vermeidung von Zündquellen, z. B. durch das Abschalten des Stroms beim Ein- und Ausfahren der Wareträger in die Prozessbehälter, bei denen sich Wasserstoff unter Schaumbildung entwickelt
- **O1** Erstellung eines Explosionsschutzdokumentes mit Zonenplan für die explosionsgefährdeten Bereiche
- **O2** Prüfung der Galvanikanlage als ortsfeste elektrische Anlage nach DGUV Vorschrift 3 und 4
- **O3** Arbeitstäglige Funktionsprüfung und regelmäßige Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person
- **O4** Thermografische Untersuchungen (Wärmebildkamera)



Mechanische Gefährdungen

- Quetsch- und Scherstellen aufgrund von Beschickungseinrichtungen, Wareträgerbewegung, an offenen Zahnradantrieben (Trommelanlagen)



Schutzmaßnahmen gegen mechanische Gefährdungen

- **T1** Verhinderung des Zugriffs in Quetsch- und Scherstellen durch trennende Schutzeinrichtungen und Schutzeinrichtungen mit Annäherungsfunktion, z. B. Schutzbügel
- **O1** Arbeitstäglige Funktionsprüfung und regelmäßige Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person



Gefährdungen durch Lärm

keine



Schutzmaßnahmen gegen Lärm

keine



Elektrische Gefährdungen

- Durch elektrischen Schlag bei feuchten und nassen Umgebungsbedingungen (d. h. in feuchten und nassen Räumen) aufgrund von direktem oder indirektem Berühren in Bereichen mit mehr als 30 V Gleichspannung oder 12 V Wechselspannung
- Bei feuchten und nassen Umgebungsbedingungen (d. h. in feuchten und nassen Räumen) ist ein Schutz gegen indirektes und direktes Berühren nicht erforderlich, wenn die Nennspannung des SELV- oder PELV-Systems 30 V Gleichspannung oder 12 V Wechselspannung nicht überschreitet.



Schutzmaßnahmen gegen elektrische Gefährdungen

- **T1** Schutz gegen elektrischen Schlag durch Basisschutz nach VDE 0113-1 (insbesondere Gehäuse, Isolierung)
- **T2** Schutz gegen elektrischen Schlag durch feststehende trennende Schutzeinrichtungen und Verriegelungen der elektrischen Stromversorgung mit beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen oder berührungslos wirkenden Schutzeinrichtungen
- **O1** Die elektrische Ausrüstung ist gegen äußere Einflüsse (z. B. mechanische, thermische, chemische Beanspruchung) zu schützen.
- **O2** Elektrische Einrichtungen dürfen nur von einer Elektrofachkraft oder unter deren Leitung und Aufsicht den elektrotechnischen Regeln entsprechend errichtet, geändert und instandgehalten werden.
- **O3** Regelmäßige, mindestens jährliche Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person



Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

- Von Personen mit aktiven Implantaten (z. B. Herzschrittmacher) durch magnetische Felder insbesondere in der Nähe von Wechselrichtern/Gleichrichtern und stromführenden Bauteilen (z. B. Schienen)
- Aller Beschäftigten aufgrund der sehr hohen Stromdichten und Sollstromstärken durch magnetische Felder insbesondere in der Nähe von Gleichrichtern und stromführenden Bauteilen (z. B. Schienen)
- Aller Beschäftigten aufgrund der Kraftwirkung auf magnetische Bauteile durch statische Magnetfelder



Schutzmaßnahmen bei Personen mit aktiven Implantaten gegen Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

- **O1** Für die Beschäftigten sind individuelle Lösungen zu erarbeiten:
 - Die Arbeits- und Aufenthaltsbereiche sind entsprechend den Nutzungsmerkmalen der Bereiche und der vorhandenen Quellen festzulegen.

- Die auftretende Exposition ist durch Berechnung, Messung, Herstellerangaben oder im Vergleich mit ähnlichen EMF-Quellen zu ermitteln.
- **O2** für Besucher und Besucherinnen sowie Fremdpersonal sind auf dem Unternehmensgelände in der Regel organisatorische Schutzmaßnahmen zu treffen.

Nach der DGUV Information 203-043 sind dann folgende Schutzmaßnahmen durchzuführen:

- Erstellung von Betriebsanweisungen
- Kennzeichnung der Bereiche, die von Personen mit Implantaten nicht betreten werden dürfen
- Unterweisung von Beschäftigten und Fremdpersonal
- Information von Besuchern und Besucherinnen



Schutzmaßnahmen bei allen Personen mit gegen Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

- **O1** Die Expositionsbereiche sind entsprechend den Nutzungsmerkmalen der Bereiche und der vorhandenen Quellen festzulegen.
- **O2** Die auftretende Exposition ist durch Berechnung, Messung, Herstellerangaben oder im Vergleich mit ähnlichen EMF-Quellen zu ermitteln.
- **O3** Die Beurteilung einer Exposition ist durch den Vergleich mit den zulässigen Werten der Anlage 1 der DGUV Vorschrift 15 und 16 vorzunehmen.

Nach der DGUV Vorschrift 15 und 16 sind dann in Abhängigkeit vom festgelegten Expositionsbereich folgende Schutzmaßnahmen durchzuführen:

- **Expositionsbereich 1**
 - Erstellung von Betriebsanweisungen
 - Unterweisung
 - Zugangsverbot nur für Personen mit passiven Implantaten aus ferromagnetischen Materialien (Kennzeichnung)
- **Bereich erhöhter Exposition**
 - Erstellung von Betriebsanweisungen
 - Unterweisung
 - Kennzeichnung
 - Begrenzung der Aufenthaltsdauer
 - Zugangsregelungen
 - Sicherheitsabstand
 - Zugangsverbot für Personen mit passiven Implantaten (Kennzeichnung)



Thermische Gefährdung durch Hitze

keine



Schutzmaßnahmen gegen thermische Gefährdungen

keine



Arbeitsmedizinische Vorsorge

- Pflichtvorsorge für gegenüber Chrom (VI)-Verbindungen exponierte Beschäftigte (DGUV Empfehlung Chrom VI Verbindungen)
- Angebotsvorsorge bei Tätigkeiten mit Exposition gegenüber atemwegssensibilisierend wirkenden Stoffen (DGUV Empfehlung Tätigkeiten mit Stoffen, die obstruktive Atemwegserkrankungen auslösen können) für exponierte Beschäftigte mit bronchialer Überempfindlichkeit (siehe Kapitel 3.4)
- Angebotsvorsorge (bei Feuchtarbeit > 2 h) oder Pflichtvorsorge (bei Feuchtarbeit > 4 h) (DGUV Empfehlung Gefährdung der Haut)
- Angebotsvorsorge bei Tätigkeiten mit Exposition gegenüber hautsensibilisierend wirkenden Stoffen (DGUV Empfehlung Gefährdung der Haut)

3.2.3 Glanzverchromen von Einzelbauteilen

Chrom(VI)-Verbindungen beim Glanz-/Schwarzverchromen von Einzelbauteilen verursachen inhalative, dermale und orale chemische Gefährdungen. Eine wirksame Absaugung reduziert diese Gefährdungen ebenso wie die Brand- und Explosionsgefahr durch freiwerdenden Wasserstoff. Elektromagnetische Implantate gefährden Personen mit aktiven Implantaten. Mechanische Gefährdungen sind an Beschickungseinrichtungen und Trommelanlagen zu beachten. An Trommelanlagen existieren auch Gefährdungen durch Lärm.



Abb. 8: Anlage zum Glanzverchromen mit Anfahrbügel am Transportwagen und Tropfschale



Rechtliche Grundlagen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- Gefahrstoffverordnung
- Betriebssicherheitsverordnung
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge
- DGUV Vorschrift 3 und 4 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“
- DGUV Vorschrift 15 und 16 „Elektromagnetische Felder“
- DGUV Vorschrift 52 und 53 „Krane“
- TRBA/TRGS 406 (Sensibilisierende Stoffe für die Atemwege)
- TRGS 401 (Gefährdungen durch Hautkontakt)
- TRGS 402 (Inhalative Exposition)
- TRGS 500 (Schutzmaßnahmen)
- TRGS 561 (Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen und Verbindungen)
- TRGS 722 (Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre)
- DGUV Regel 109-002 Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen
- DGUV Regel 113-001 „Explosionsschutz-Regeln“



Weitere Informationen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- DGUV Information 203-043 „Beeinflussung von Implantaten durch elektromagnetische Felder“
- DGUV Information 209-009 „Galvanisieren“
- DGUV Information 213-716 „Galvanotechnik und Eloxieren“
- Fachbereich AKTUELL FBHM-122 „Hilfestellungen zum Explosionsschutzkonzept und zur Zoneneinteilung für explosionsgefährdete Bereiche verschiedener Verfahren in Galvanik- und Anodisieranlagen“
- VDE 0113-1:2014-10 „Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen, Teil 1: Allgemeine Anforderungen“
- DIN EN 12599:2013-01 „Prüf- und Messverfahren für die Übergabe raumluftechnischer Anlagen“
- DIN EN 17059:2018 „Galvanik- und Anodisieranlagen – Sicherheitsanforderungen“
- VDI-Richtlinie 2262 Blatt 4: März 2006 „Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz; Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe“
- Leitfaden des ZVO (2016) zur Auslegung von Abluftanlagen an Galvanikanlagen
- Handlungshilfe der BG ETEM „Gefahrstoffe in der Galvanotechnik und Oberflächenveredelung“ (S 015)



Chemische Gefährdungen

- Inhalative Gefährdungen: Einatmung von Cr(VI)-haltigen Aerosolen und Säuredämpfen. Wegen der niedrigen Stromausbeute (20 bis 30 %) und der damit verbundenen hohen Wasserstoffentwicklung an der Kathode ist die Aerosolbildung verfahrensbedingt sehr hoch.
- Dermale Gefährdung: entsprechend TRGS 401, mittel bis hoch bei handbeschickten und kranbedienten Prozessen; durch direkte Berührung des Elektrolyten bzw. Spritzer (Chromsäure, Schwefelsäure), gering bei handgeführten oder automatischen Beschickungseinrichtungen
- Orale Gefährdungen: bei Nichtbeachtung der Hygienemaßnahmen (Verweis auf TRGS 500)



Schutzmaßnahmen bei chemischen Gefährdungen

Immer anzuwendende Schutzmaßnahmen:

- **T1** Emissionsmindernde Maßnahmen (z. B. der Einsatz von Netzmittel)
- **T2** Absaugung am Elektrolyten (Rand- oder Wandabsaugung)
- **T3** Überwachung der technischen Lüftung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059

Wird durch diese Maßnahmen die Unterschreitung des Beurteilungsmaßstabes als Schutzziel nicht erreicht, müssen folgende Schutzmaßnahmen einzeln oder kombiniert zusätzlich angewendet werden:

- **T4** Geschlossene Anlage mit Absaugung
- **T5** Lüftungskabine am Beschickungswagen
- **T6** Abdeckung der Elektrolytbehälter
- **T7** Raumluftechnische Anlage
- **T8** Festverlegte Rohrleitungen zu den Verchromungsanlagen
- **T9** Beschickungsanlage mit Aushängesicherung und Tropfschutz

Der Beurteilungsmaßstab von Chrom VI wird erfahrungsgemäß unterschritten bei:

- **T10** Geschlossene Verchromungsanlagen mit einer mechanischen Prozessbehälterabdeckung und Absaugung mit raumluftechnischer Anlage (Wirksamkeit nachgewiesen z. B. nach DIN 12599)

oder

- **T11** Quasi-geschlossene Anlage: Prozessbehälter mit mechanischer Prozessbehälterabdeckung und abgesaugter Transportwagen

in Verbindung mit

- **O1** Regelmäßige Kontrolle und Funktionsprüfung der Absauganlage
- **O2** Regelmäßige Prüfung der lüftungstechnischen Einrichtung durch eine befähigte Person
- **O3** Regelmäßige Reinigung der Lüftungskanäle und der Umgebung der Verchromungs-Prozessbehälter von Chromsäureanhaftungen oder Verkrustungen
- **P1** Persönliche Schutzausrüstung bei Arbeiten mit Chromsäure, wenn Hautkontakt möglich, z. B. bei der Probenahme oder bei der Handgalvanik

Probenahme: Laborkittel und Augenschutz, Chemikalienschutzhandschuhe

Handgalvanik: Augenschutz, bei Bedarf Gesichtsschutz, Chemikalienschutzhandschuhe, chemikalienfeste Arbeitskleidung, Kunststoffschürze, Gummistiefel



Gefährdungen durch Brände und Explosionen

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



Schutzmaßnahmen gegen Brände und Explosionen

- **T1** Wirksame lufttechnische Maßnahmen (Absaugung) zur Verhinderung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre
- **T2** Überwachung der technischen Lüftung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059
- **T3** Abschalten der Gleichrichter zum Beenden der Wasserstoff- und Sauerstoffentwicklung, wenn die Überwachung der technischen Lüftung die Unwirksamkeit der lufttechnischen Maßnahmen feststellt (Abluftvolumenstrom unter Auslegungswerten), Verknüpfung dieser Maßnahme mit Überwachung der technischen Lüftung über die Steuerung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059

- **T4** Vermeidung und Reduzierung von Zündquellen im Rahmen des Explosionschutzkonzeptes unter Berücksichtigung der Einteilung der explosionsgefährdeten Bereiche in Zonen; alle elektrischen und nichtelektrischen Geräte und Bauteile müssen in Übereinstimmung mit den geforderten Kategorien gestaltet und konstruiert sein, damit jede wirksame Zündquelle vermieden wird.
- **T5** Vermeidung von Zündquellen, z. B. durch das Abschalten des Stroms beim Ein- und Ausfahren der Warenträger in die Prozessbehälter, bei denen sich Wasserstoff unter Schaumbildung entwickelt
- **O1** Erstellung eines Explosionsschutzdokumentes mit Zonenplan für die explosionsgefährdeten Bereiche
- **O2** Prüfung der Galvanikanlage als ortsfeste elektrische Anlage nach DGUV Vorschrift 3 und 4
- **O3** Arbeitstäglige Funktionsprüfung und regelmäßige Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person
- **O4** Thermografische Untersuchungen (Wärmebildkamera)



Mechanische Gefährdungen

- Quetsch- und Scherstellen aufgrund von Beschickungseinrichtungen, Warenträgerbewegung, an offenen Zahnradantrieben (Trommelanlagen)



Schutzmaßnahmen gegen mechanische Gefährdungen

- **T1** Verhinderung des Zugriffs in Quetsch- und Scherstellen durch trennende Schutzeinrichtungen und Schutzeinrichtungen mit Annäherungsfunktion, z. B. Schutzbügel
- **O1** Arbeitstäglige Funktionsprüfung und regelmäßige Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person



Gefährdungen durch Lärm

- Trommelanlagen



Schutzmaßnahmen gegen Lärm

- **T1** Reduzierung der Fallhöhe der Werkstücke (z. B. an Trommelanlagen durch Reduzierung der Fallhöhe zwischen Trommelöffnung und Auffangbehälter bzw. Rutsche)
- **T2** Verwenden von entdröhnten Materialien (Sandwichblechen, Verbundmaterialien) zur Konstruktion von Rutschen, Leitblechen und Auffangbehältern
- **T3** Aufbringen von lärm mindernden Auskleidungen, Matten oder Kunststoffbeschichtungen an Rutschen, Leitblechen und Auffangbehältern
- **P1** Tragen von geeignetem Gehörschutz (z. B. Gehörschutzstöpsel, Bügelgehörschützer, Kapseln, Otoplastiken)



Elektrische Gefährdungen

- Durch elektrischen Schlag bei feuchten und nassen Umgebungsbedingungen (d. h. in feuchten und nassen Räumen) aufgrund von direktem oder indirektem Berühren in Bereichen mit mehr als 30 V Gleichspannung oder 12 V Wechselspannung
- Bei feuchten und nassen Umgebungsbedingungen (d. h. in feuchten und nassen Räumen) ist ein Schutz gegen indirektes und direktes Berühren nicht erforderlich, wenn die Nennspannung des SELV- oder PELV-Systems 30 V Gleichspannung oder 12 V Wechselspannung nicht überschreitet.



Schutzmaßnahmen gegen elektrische Gefährdungen

- **T1** Schutz gegen elektrischen Schlag durch Basisschutz nach VDE 0113-1 (insbesondere Gehäuse, Isolierung)
- **T2** Schutz gegen elektrischen Schlag durch feststehende trennende Schutzeinrichtungen und Verriegelungen der elektrischen Stromversorgung mit beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen oder berührungslos wirkenden Schutzeinrichtungen
- **O1** Die elektrische Ausrüstung ist gegen äußere Einflüsse (z. B. mechanische, thermische, chemische Beanspruchung) zu schützen.
- **O2** Elektrische Einrichtungen dürfen nur von einer Elektrofachkraft oder unter deren Leitung und Aufsicht den elektrotechnischen Regeln entsprechend errichtet, geändert und instandgehalten werden.
- **O3** Regelmäßige, mindestens jährliche Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person



Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

- Von Personen mit aktiven Implantaten (z. B. Herzschrittmacher) durch magnetische Felder insbesondere in der Nähe von Wechselrichtern/Gleichrichtern und stromführenden Bauteilen (z. B. Schienen)



Schutzmaßnahmen bei Personen mit aktiven Implantaten gegen Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

- **O1** Für die Beschäftigten sind individuelle Lösungen zu erarbeiten:
 - Die Arbeits- und Aufenthaltsbereiche sind entsprechend den Nutzungsmerkmalen der Bereiche und der vorhandenen Quellen festzulegen.
 - Die auftretende Exposition ist durch Berechnung, Messung, Herstellerangaben oder im Vergleich mit ähnlichen EMF-Quellen zu ermitteln.
- **O2** für Besucher und Besucherinnen sowie Fremdpersonal sind auf dem Unternehmensgelände in der Regel organisatorische Schutzmaßnahmen zu treffen.

Nach der DGUV Information 203-043 sind dann folgende Schutzmaßnahmen durchzuführen:

- Erstellung von Betriebsanweisungen

- Kennzeichnung der Bereiche, die von Personen mit Implantaten nicht betreten werden dürfen
- Unterweisung von Beschäftigten und Fremdpersonal
- Information von Besuchern und Besucherinnen



Arbeitsmedizinische Vorsorge

- Pflichtvorsorge für gegenüber Chrom (VI)-Verbindungen exponierte Beschäftigte (DGUV Empfehlung Chrom VI Verbindungen)
- Angebotsvorsorge bei Tätigkeiten mit Exposition gegenüber atemwegssensibilisierenden Stoffen (DGUV Empfehlung Tätigkeiten mit Stoffen, die obstruktive Atemwegserkrankungen auslösen können) für exponierte Beschäftigte mit bronchialer Überempfindlichkeit (siehe Kapitel 3.4)
- Angebotsvorsorge (Auslösewert 80 dB(A)) oder Pflichtvorsorge (Auslösewert 85 dB(A)) bei Tätigkeiten mit Lärmexposition (DGUV Empfehlung Lärm)
- Angebotsvorsorge (bei Feuchtarbeit > 2 h) oder Pflichtvorsorge (bei Feuchtarbeit > 4 h) (G24)
- Angebotsvorsorge bei Tätigkeiten mit Exposition gegenüber hautsensibilisierend wirkenden Stoffen (DGUV Empfehlung Gefährdung der Haut)

3.2.4 Vernickeln – galvanisch

Nickelhaltige Aerosole und Säuredämpfe beim galvanischen Vernickeln von Einzelbauteilen verursachen inhalative chemische Gefährdungen. Elektromagnetische Felder gefährden Personen mit aktiven Implantaten. Mechanische Gefährdungen sind an Beschickungseinrichtungen und Trommelanlagen zu beachten. An Trommelanlagen existieren auch Gefährdungen durch Lärm; an den Behälterwandungen und Rohrleitungen thermische Gefährdungen durch heiße Oberflächen

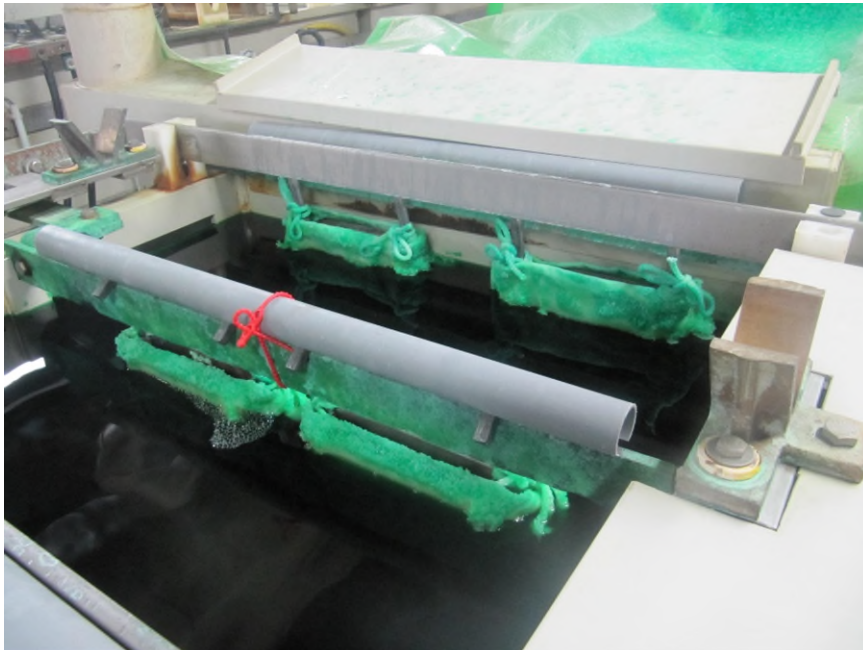


Abb. 9 Galvanisches Vernickeln mit eingehängten Anodenkörbchen



Rechtliche Grundlagen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- Gefahrstoffverordnung
- Betriebssicherheitsverordnung
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge
- DGUV Vorschrift 3 und 4 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“
- DGUV Vorschrift 15 und 16 „Elektromagnetische Felder“
- DGUV Vorschrift 52 und 53 „Krane“
- TRBA/TRGS 406 (Sensibilisierende Stoffe für die Atemwege)
- TRGS 401 (Gefährdungen durch Hautkontakt)
- TRGS 402 (Inhalative Exposition)
- TRGS 500 (Schutzmaßnahmen)
- TRGS 561 (Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen und Verbindungen)
- TRGS 722 (Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre)
- DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“
- DGUV Regel 113-001 „Explosionsschutzregel“



Weitere Informationen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- DGV Information 203-043 „Beeinflussung von Implantaten durch elektromagnetische Felder“
- DGV Information 209-009 „Galvanisieren“
- DGV Information 213-716 „Galvanotechnik und Eloxieren“
- Fachbereich AKTUELL FBHM-122 „Hilfestellungen zum Explosionsschutzkonzept und zur Zoneneinteilung für explosionsgefährdete Bereiche verschiedener Verfahren in Galvanik- und Anodisieranlagen“
- VDE 0113-1:2014-10 Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen, Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- DIN EN 12599:2013-01 Prüf- und Messverfahren für die Übergabe raumluftechnischer Anlagen
- DIN EN 17059:2018 „Galvanik- und Anodisieranlagen – Sicherheitsanforderungen“
- VDI-Richtlinie 2262 Blatt 4: März 2006 „Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz; Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe“
- Leitfaden des ZVO (2016) zur Auslegung von Abluftanlagen an Galvanikanlagen
- Handlungshilfe der BG ETEM Gefahrstoffe in der Galvanotechnik und Oberflächenveredelung (S 015)



Chemische Gefährdungen

- Inhalative Gefährdungen: Einatmung von nickelhaltigen Aerosolen und Säuredämpfen
- Dermale Gefährdungen: gemäß TRGS 401 mittel bis hoch bei handbeschickten Prozessen entsprechend dem geringen Automatisierungsgrad; durch direkte Berührung des Elektrolyten bzw. Spritzer Reizwirkung und Sensibilisierung der Haut; gering bei handgeführten oder automatischen Beschickungseinrichtungen
- Orale Gefährdungen: bei Nichtbeachtung der Hygienemaßnahmen (Verweis auf TRGS 500), Reizwirkung nach Verschlucken



Schutzmaßnahmen bei chemischen Gefährdungen

Immer anzuwendende Schutzmaßnahme:

- **T1** Emissionsmindernde Maßnahmen (z. B. Einsatz von Netzmittel)
- **T2** Absaugung am Elektrolyten (z. B. Rand- oder Wandabsaugung).
- **T3** Überwachung der Technischen Lüftung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059

Wird durch diese Maßnahme die Unterschreitung des jeweiligen Beurteilungsmaßstabes als Schutzziel nicht erreicht, müssen folgende Schutzmaßnahmen einzeln oder kombiniert zusätzlich angewendet werden:

- **T4** Geschlossene Anlage mit Absaugung
- **T5** Lüftungskabine am Beschickungswagen

- **T6** Abdeckung der Elektrolytbehälter
- **T7** Raumluftechnische Anlage
- **T8** Festverlegte Rohrleitungen zu den Vernickelungsanlagen
- **T8** Beschickungsanlage mit Aushängesicherung und Tropfschutz

Die Akzeptanzkonzentration für Nickelverbindungen wird erfahrungsgemäß unterschritten bei:

- **T10** Geschlossene Vernickelungsanlagen mit einer mechanischen Prozessbehälterabdeckung und Absaugung mit raumluftechnischer Anlage (Wirksamkeit nachgewiesen z. B. nach DIN 12599)

oder

- **T11** Quasi-geschlossene Anlage: Prozessbehälter mit mechanischer Prozessbehälterabdeckung

in Verbindung mit

- **O1** Regelmäßige Kontrolle und Funktionsprüfung der Absauganlage
- **O2** Regelmäßige Prüfung der Lüftungstechnischen Einrichtung durch eine befähigte Person
- **O3** Regelmäßige Reinigung der Lüftungskanäle und der Umgebung der Prozessbehälter von Anhaftungen oder Verkrustungen durch Nickelsalze
- **P1** Persönliche Schutzausrüstung bei Arbeiten mit Säure oder Lauge, wenn Hautkontakt möglich, z. B. bei der Probenahme oder bei der Handgalvanik

Probenahme: Laborkittel und Augenschutz, Chemikalienschutzhandschuhe

Handgalvanik: Augenschutz, bei Bedarf Gesichtsschutz, Chemikalienschutzhandschuhe, chemikalienfeste Arbeitskleidung, Kunststoffschürze, Gummistiefel



Gefährdungen durch Brände und Explosionen

- Brand- und Explosionsgefahr durch Kurzschlüsse oder Überlast durch fehlerhafte elektrische Verbindungen
- Geringe Brand- und Explosionsgefahr aufgrund von Wasserstoff- oder Sauerstoffentwicklung



Schutzmaßnahmen gegen Brände und Explosionen

- **T1** Wirksame luftechnische Maßnahmen (Absaugung) zur Verhinderung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre
- **T2** Überwachung der technischen Lüftung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059
- **T3** Abschalten der Gleichrichter zum Beenden der Wasserstoff- und Sauerstoffentwicklung, wenn die Überwachung der technischen Lüftung die Unwirksamkeit der luftechnischen Maßnahmen feststellt (Abluftvolumenstrom unter Auslegungswerten), Verknüpfung dieser Maßnahme mit Überwachung der technischen Lüftung über die Steuerung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059

- **T4** Vermeidung und Reduzierung von Zündquellen im Rahmen des Explosionschutzkonzeptes unter Berücksichtigung der Einteilung der explosionsgefährdeten Bereiche in Zonen; alle elektrischen und nichtelektrischen Geräte und Bauteile müssen in Übereinstimmung mit den geforderten Kategorien gestaltet und konstruiert sein, damit jede wirksame Zündquelle vermieden wird.
- **T5** Vermeidung von Zündquellen, z. B. durch das Abschalten des Stroms beim Ein- und Ausfahren der Warenträger in die Prozessbehälter, bei denen sich Wasserstoff unter Schaumbildung entwickelt
- **O1** Erstellung eines Explosionsschutzdokumentes mit Zonenplan für die explosionsgefährdeten Bereiche
- **O2** Prüfung der Galvanikanlage als ortsfeste elektrische Anlage nach DGUV Vorschrift 3 und 4
- **O3** Arbeitstäglige Funktionsprüfung und regelmäßige Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person
- **O4** Thermografische Untersuchungen (Wärmebildkamera)



Mechanische Gefährdungen

- Quetsch- und Scherstellen aufgrund von Beschickungseinrichtungen, Warenträgerbewegung, an offenen Zahnradantrieben (Trommelanlagen)



Schutzmaßnahmen gegen mechanische Gefährdungen

- **T1** Verhinderung des Zugriffs in Quetsch- und Scherstellen durch trennende Schutzeinrichtungen und Schutzeinrichtungen mit Annäherungsfunktion, z. B. Schutzbügel
- **O1** Arbeitstäglige Funktionsprüfung und regelmäßige Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person



Gefährdungen durch Lärm

- Trommelanlagen



Schutzmaßnahmen gegen Lärm

- **T1** Reduzierung der Fallhöhe der Werkstücke (z. B. an Trommelanlagen durch Reduzierung der Fallhöhe zwischen Trommelöffnung und Auffangbehälter bzw. Rutsche)
- **T2** Verwenden von entdröhnten Materialien (Sandwichblechen, Verbundmaterialien) zur Konstruktion von Rutschen, Leitblechen und Auffangbehältern
- **T3** Aufbringen von lärm mindernden Auskleidungen, Matten oder Kunststoffbeschichtungen an Rutschen, Leitblechen und Auffangbehältern
- **P1** Tragen von geeignetem Gehörschutz (z. B. Gehörschutzstöpsel, Bügelgehörschützer, Kapseln, Otoplastiken)



Elektrische Gefährdungen

- Durch elektrischen Schlag bei feuchten und nassen Umgebungsbedingungen (d. h. in feuchten und nassen Räumen) aufgrund von direktem oder indirektem Berühren in Bereichen mit mehr als 30 V Gleichspannung oder 12 V Wechselspannung
- Bei feuchten und nassen Umgebungsbedingungen (d. h. in feuchten und nassen Räumen) ist ein Schutz gegen indirektes und direktes Berühren nicht erforderlich, wenn die Nennspannung des SELV- oder PELV-Systems 30 V Gleichspannung oder 12 V Wechselspannung nicht überschreitet.



Schutzmaßnahmen gegen elektrische Gefährdungen

- **T1** Schutz gegen elektrischen Schlag durch Basisschutz nach VDE 0113-1 (insbesondere Gehäuse, Isolierung)
- **T2** Schutz gegen elektrischen Schlag durch feststehende trennende Schutzeinrichtungen und Verriegelungen der elektrischen Stromversorgung mit beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen oder berührungslos wirkenden Schutzeinrichtungen
- **O1** Die elektrische Ausrüstung ist gegen äußere Einflüsse (z. B. mechanische, thermische, chemische Beanspruchung) zu schützen.
- **O2** Elektrische Einrichtungen dürfen nur von einer Elektrofachkraft oder unter deren Leitung und Aufsicht den elektrotechnischen Regeln entsprechend errichtet, geändert und instandgehalten werden.
- **O3** Regelmäßige, mindestens jährliche Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person



Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

- Von Personen mit aktiven Implantaten (z. B. Herzschrittmacher) durch magnetische Felder insbesondere in der Nähe von Wechselrichtern/Gleichrichtern und stromführenden Bauteilen (z. B. Schienen)



Schutzmaßnahmen bei Personen mit aktiven Implantaten gegen Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

- **O1** Für die Beschäftigten sind individuelle Lösungen zu erarbeiten:
 - Die Arbeits- und Aufenthaltsbereiche sind entsprechend den Nutzungsmerkmalen der Bereiche und der vorhandenen Quellen festzulegen.
 - Die auftretende Exposition ist durch Berechnung, Messung, Herstellerangaben oder im Vergleich mit ähnlichen EMF-Quellen zu ermitteln.
- **O2** für Besucher und Besucherinnen sowie Fremdpersonal sind auf dem Unternehmensgelände in der Regel organisatorische Schutzmaßnahmen zu treffen.

Nach der DGUV Information 203-043 sind dann folgende Schutzmaßnahmen durchzuführen:

- Erstellung von Betriebsanweisungen

- Kennzeichnung der Bereiche, die von Personen mit Implantaten nicht betreten werden dürfen
- Unterweisung von Beschäftigten und Fremdpersonal
- Information von Besuchern und Besucherinnen



Thermische Gefährdung durch Hitze

- Die Elektrolyttemperatur beträgt in der Regel 60 bis 80 °C; es besteht eine Gefährdung durch heiße Oberflächen (u. a. Behälterwandungen und Rohrleitungen).



Schutzmaßnahmen gegen thermische Gefährdungen

- **T1** Isolierung der Prozessbehälter und Rohrleitungen
- **T2** Trennende Schutzeinrichtungen (z. B. Geländer, oder Bleche und Verkleidungen)



Arbeitsmedizinische Vorsorge

- Pflichtvorsorge für gegenüber Nickel und Nickelverbindungen exponierte Beschäftigte (DGUV Empfehlung Nickel und seine Verbindungen)
- Angebotsvorsorge bei Tätigkeiten mit Exposition gegenüber atemwegssensibilisierenden Stoffen (DGUV Empfehlung Tätigkeiten mit Stoffen, die obstruktive Atemwegserkrankungen auslösen können) für exponierte Beschäftigte mit bronchialer Überempfindlichkeit (siehe Kapitel 3.4)
- Angebotsvorsorge (Auslösewert 80 dB(A)) oder Pflichtvorsorge (Auslösewert 85 dB(A)) bei Tätigkeiten mit Lärmexposition (DGUV Empfehlung Lärm)
- Angebotsvorsorge (bei Feuchtarbeit > 2 h) oder Pflichtvorsorge (bei Feuchtarbeit > 4 h) (DGUV Empfehlung Gefährdung der Haut)
- Angebotsvorsorge bei Tätigkeiten mit Exposition gegenüber hautsensibilisierend wirkenden Stoffen (DGUV Empfehlung Gefährdung der Haut)

3.2.5 Vernickeln – chemisch

Nickelhaltige Aerosole und Säuredämpfe beim chemischen Vernickeln von Einzelbauteilen verursachen inhalative chemische Gefährdungen, freier Wasserstoff führt zu Brand- und Explosionsgefahr. Mechanische Gefährdungen sind an Beschickungseinrichtungen zu beachten. An den Behälterwänden und Rohrleitungen existieren große thermische Gefährdungen durch heiße Oberflächen



Abb. 10 Handbeschickte Anlage zum chemischen Vernickeln – Stolpergefahr durch Schläuche vermeiden



Rechtliche Grundlagen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- Gefahrstoffverordnung
- Betriebssicherheitsverordnung
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge
- DGUV Vorschrift 3 und 4 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“
- DGUV Vorschrift 52 und 53 „Krane“
- TRBA/TRGS 406 (Sensibilisierende Stoffe für die Atemwege)
- TRGS 401 (Gefährdungen durch Hautkontakt)
- TRGS 402 (Inhalative Exposition)
- TRGS 500 (Schutzmaßnahmen)
- TRGS 561 (Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen und Verbindungen)
- TRGS 722 (Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre)
- DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“
- DGUV Regel 113-001 „Explosionsschutzregel“



Weitere Informationen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- DGUV Information 209-009 „Galvanisieren“
- DGUV Information 213-716 „Galvanotechnik und Eloxieren“
- Fachbereich AKTUELL FBHM-122 „Hilfestellungen zum Explosionsschutzkonzept und zur Zoneneinteilung für explosionsgefährdete Bereiche verschiedener Verfahren in Galvanik- und Anodisieranlagen“

- VDE 0113-1:2014-10 „Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen, Teil 1: Allgemeine Anforderungen“
- DIN EN 12599:2013-01 „Prüf- und Messverfahren für die Übergabe raumluftechnischer Anlagen“
- DIN EN 17059:2018 „Galvanik- und Anodisieranlagen – Sicherheitsanforderungen“
- VDI-Richtlinie 2262 Blatt 4: März 2006 „Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz; Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe“
- Leitfaden des ZVO (2016) zur Auslegung von Abluftanlagen an Galvanikanlagen
- Handlungshilfe der BG ETEM „Gefahrstoffe in der Galvanotechnik und Oberflächenveredelung“ (S 015)



Chemische Gefährdungen

- Inhalative Gefährdungen: Einatmung von nickelhaltigen Aerosolen und Säuredämpfen; im Vergleich zum Glanznickel-Verfahren (galvanisches Verfahren) besteht beim chemischen Vernickeln eine erhöhte Gefährdung aufgrund von chemischer Reduktion und einer damit verbundenen verstärkten Wasserstoffentwicklung und Aerosolbildung; Reizungen der Atemwege durch Säuredämpfe
- Dermale Gefährdungen: gemäß TRGS 401 mittel bis hoch bei handbeschickten Prozessen entsprechend dem geringen Automatisierungsgrad; durch direkte Berührung des Elektrolyten bzw. Spritzer Reizwirkung und Sensibilisierung der Haut; gering bei handgeführten oder automatischen Beschickungseinrichtungen
- Orale Gefährdungen: bei Nichtbeachtung der Hygienemaßnahmen (Verweis auf TRGS 500), Reizwirkung nach Verschlucken



Schutzmaßnahmen bei chemischen Gefährdungen

Immer anzuwendende Schutzmaßnahme:

- **T1** Emissionsmindernde Maßnahmen (z. B. der Einsatz von Netzmittel)
- **T2** Absaugung am Elektrolyten (z. B. Rand- oder Wandabsaugung).
- **T3** Überwachung der Technischen Lüftung durch gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059

Wird durch diese Maßnahme die Unterschreitung des jeweiligen Beurteilungsmaßstabes als Schutzziel nicht erreicht, müssen folgende Schutzmaßnahmen einzeln oder kombiniert zusätzlich angewendet werden:

- **T4** Geschlossene Anlage mit Absaugung
- **T5** Lüftungskabine am Beschickungswagen
- **T6** Abdeckung der Elektrolytbehälter
- **T7** Raumluftechnische Anlage
- **T8** Festverlegte Rohrleitungen zu den Prozessbehältern
- **T9** Beschickungsanlage mit Aushängesicherung und Tropfschutz

Die Akzeptanzkonzentration für Nickelverbindungen wird in der Regel unterschritten bei:

- **T10** Geschlossene Vernickelungsanlage mit einer mechanischen Prozessbehälterabdeckung und Absaugung mit raumluftechnischer Anlage (Wirksamkeit nachgewiesen z. B. nach DIN 12599)

oder

- **T11** Quasi-geschlossene Anlage: Prozessbehälter mit mechanischer Prozessbehälterabdeckung und abgesaugter Transportwagen

in Verbindung mit

- **O1** Regelmäßige Kontrolle und Funktionsprüfung der Absauganlage
- **O2** Regelmäßige Prüfung der Lüftungstechnischen Einrichtung durch eine befähigte Person
- **O3** Regelmäßige Reinigung der Lüftungskanäle und der Umgebung der Prozessbehälter von Anhaftungen oder Verkrustungen durch Nickelsalze
- **P1** Persönliche Schutzausrüstung bei Arbeiten mit Nickelelektrolyten, wenn Hautkontakt möglich, z. B. bei der Probenahme oder bei der Handgalvanik

Probenahme: Laborkittel und Augenschutz, Chemikalienschutzhandschuhe

Handgalvanik: Augenschutz, bei Bedarf Gesichtsschutz, Chemikalienschutzhandschuhe, chemikalienfeste Arbeitskleidung, Kunststoffschürze, Gummistiefel



Gefährdungen durch Brände und Explosionen

- Brandgefahr durch Kurzschlüsse oder Überlast durch fehlerhafte elektrische Verbindungen
- Im Vergleich zum Glanznickel-Verfahren (galvanisches Verfahren) besteht beim chemischen Vernickeln eine erhöhte Brand- und Explosionsgefahr aufgrund von stärkerer Wasserstoffentwicklung



Schutzmaßnahmen gegen Brände und Explosionen

- **T1** Wirksame lufttechnische Maßnahmen (Absaugung) zur Verhinderung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre
- **T2** Überwachung der technischen Lüftung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059
- **T3** Abschalten der Gleichrichter zum Beenden der Wasserstoff- und Sauerstoffentwicklung, wenn die Überwachung der technischen Lüftung die Unwirksamkeit der lufttechnischen Maßnahmen feststellt (Abluftvolumenstrom unter Auslegungswerten), Verknüpfung dieser Maßnahme mit Überwachung der technischen Lüftung über die Steuerung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059
- **T4** Vermeidung und Reduzierung von Zündquellen im Rahmen des Explosionsschutzkonzeptes unter Berücksichtigung der Einteilung der explosionsgefährdeten Bereiche in Zonen; alle elektrischen und nichtelektrischen Geräte und Bauteile müssen in Übereinstimmung mit den geforderten Kategorien gestaltet und konstruiert sein, damit jede wirksame Zündquelle vermieden wird.

- **T5** Vermeidung von Zündquellen, z. B. durch das Abschalten des Stroms beim Ein- und Ausfahren der Warenträger in die Prozessbehälter, bei denen sich Wasserstoff unter Schaumbildung entwickelt
- **O1** Erstellung eines Explosionsschutzdokumentes mit Zonenplan für die explosionsgefährdeten Bereiche
- **O2** Prüfung der Galvanikanlage als ortsfeste elektrische Anlage nach DGUV Vorschrift 3 und 4
- **O3** Arbeitstägliche Funktionsprüfung und regelmäßige Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person
- **O4** Thermografische Untersuchungen (Wärmebildkamera)



Mechanische Gefährdungen

- Quetsch- und Scherstellen aufgrund von Beschickungseinrichtungen,



Schutzmaßnahmen gegen mechanische Gefährdungen

- **T1** Verhinderung des Zugriffs in Quetsch- und Scherstellen durch trennende Schutzeinrichtungen und Schutzeinrichtungen mit Annäherungsfunktion, z. B. Schutzbügel
- **O1** Arbeitstägliche Funktionsprüfung und regelmäßige Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person



Gefährdungen durch Lärm

- Keine Gefährdung bei kranbedienten oder automatischen Anlagen



Schutzmaßnahmen gegen Lärm

keine



Elektrische Gefährdungen

Keine verfahrensbedingten



Schutzmaßnahmen gegen elektrische Gefährdungen

Keine



Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

Keine



Schutzmaßnahmen gegen Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

Keine



Thermische Gefährdung durch Hitze

Aufgrund der hohen Elektrolyttemperatur von bis zu 95 °C besteht eine hohe Gefährdung durch Verbrennungen aufgrund von Spritzern und an heißen Oberflächen (Behälterwandung, Rohrleitungen).



Schutzmaßnahmen gegen thermische Gefährdungen

- **T1** Isolierung der Prozessbehälter und Rohrleitungen
- **T2** Trennende Schutzeinrichtungen (z. B. Geländer oder Bleche und Verkleidungen)
- **T3** Spritzschutz



Arbeitsmedizinische Vorsorge

- Pflichtvorsorge für gegenüber Nickel und Nickelverbindungen exponierte Beschäftigte (DGUV Empfehlung Nickel und seine Verbindungen)
- Angebotsvorsorge für Tätigkeiten mit Exposition gegenüber atemwegssensibilisierend wirkenden Stoffen (DGUV Empfehlung Tätigkeiten mit Stoffen, die obstruktive Atemwegserkrankungen auslösen können) für exponierte Beschäftigte mit bronchialer Überempfindlichkeit (siehe Kapitel 3.4)
- Angebotsvorsorge (bei Feuchtarbeit > 2 h) oder Pflichtvorsorge (bei Feuchtarbeit > 4 h) (DGUV Empfehlung Gefährdung der Haut)
- Angebotsvorsorge bei Tätigkeiten mit Exposition gegenüber hautsensibilisierend wirkenden Stoffen (DGUV Empfehlung Gefährdung der Haut)

3.2.6 Verkupfern – cyanidisch oder sauer



Abb. 11: Luftbewegter Elektrolyt zum sauren Verkupfern

Beim cyanidischen Verkupfern besteht eine inhalative chemische Gefährdung durch Cyanwasserstoff. Elektromagnetische Felder gefährden Personen mit aktiven Implantaten; nur beim sauren Verkupfern mit pulsierendem Gleichstrom alle Beschäftigten. Mechanische Gefährdungen sind an Beschickungseinrichtungen und an Trommelanlagen zu beachten. An Trommelanlagen existieren auch Gefährdungen durch Lärm, an den Behälterwandungen und Rohrleitungen thermische Gefährdungen durch heiße Oberflächen



Rechtliche Grundlagen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- Gefahrstoffverordnung
- Betriebssicherheitsverordnung
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge
- DGUV Vorschrift 3 und 4 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“
- DGUV Vorschrift 15 und 16 „Elektromagnetische Felder“
- DGUV Vorschrift 52 und 53 „Krane“
- TRGS 401 (Gefährdungen durch Hautkontakt)
- TRGS 402 (Inhalative Exposition)
- TRGS 500 (Schutzmaßnahmen)
- TRGS 722 (Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre)
- DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“
- DGUV Regel 113-001 „Explosionsschutz-Regeln“



Weitere Informationen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- DGUV Information 203-043 „Beeinflussung von Implantaten durch elektromagnetische Felder“
- DGUV Information 209-009 „Galvanisieren“
- DGUV Information 213-716 „Galvanotechnik und Eloxieren“
- Fachbereich AKTUELL FBHM-122 „Hilfestellungen zum Explosionsschutzkonzept und zur Zoneneinteilung für explosionsgefährdete Bereiche verschiedener Verfahren in Galvanik- und Anodisieranlagen“
- VDE 0113-1:2014-10 „Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen, Teil 1: Allgemeine Anforderungen“
- DIN EN 12599:2013-01 „Prüf- und Messverfahren für die Übergabe raumluftechnischer Anlagen“
- DIN EN 17059:2018 „Galvanik- und Anodisieranlagen – Sicherheitsanforderungen“
- VDI-Richtlinie 2262 Blatt 4: März 2006 „Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz; Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe“
- Leitfaden des ZVO (2016) zur Auslegung von Abluftanlagen an Galvanikanlagen
- Handlungshilfe der BG ETEM „Gefahrstoffe in der Galvanotechnik und Oberflächenveredelung“ (S 015)



Chemische Gefährdungen

- Inhalative Gefährdungen:
 - Einatmung von kupferhaltigen Aerosolen, Laugen- und Säuredämpfen:
Die Aerosolbildung ist sowohl beim cyanidischen Verkupfern als auch beim sauren Verkupfern verfahrensbedingt gering.
Daher ist die inhalative Gefährdung aufgrund von kupferhaltigen Aerosolen und Säuredämpfen beim cyanidischen und sauren Verkupfern gering.
 - Beim cyanidischen Verkupfern ist die inhalative Gefährdung aufgrund der Bildung von kritischen Cyanwasserstoffkonzentrationen zu beurteilen. Hier sind Einflussfaktoren wie mangelhafte oder abgeschaltete Absaugung, Kohlendioxideinschleppung bei längeren Stillstandzeiten oder das Einschleppen von Säuren zu beurteilen.
 - Reizungen der Atemwege durch Säuredämpfe
- Dermale Gefährdungen: gemäß TRGS 401 mittel bis hoch bei handbeschickten Prozessen entsprechend dem geringen Automatisierungsgrad; durch direkte Berührung des Elektrolyten bzw. Spritzer Reizwirkung und Sensibilisierung der Haut; gering bei handgeführten oder automatischen Beschickungseinrichtungen
- Orale Gefährdungen: bei Nichtbeachtung der Hygienemaßnahmen (Verweis auf TRGS 500), akute Vergiftung bei Nichtbeachtung der Hygienemaßnahmen (cyanidische Elektrolyte), Reizwirkung nach Verschlucken (alkalischer Elektrolyt beim cyanidischen Verkupfern und saurer Elektrolyt beim sauren Verkupfern)



Schutzmaßnahmen bei chemischen Gefährdungen

Immer anzuwendende Schutzmaßnahme:

- **T1** Emissionsmindernde Maßnahmen (z. B. der Einsatz von Netzmittel)
- **T2** Absaugung am Elektrolyten (z. B. Rand- oder Wandabsaugung).
- **T3** Überwachung der technischen Lüftung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059

Durch diese Maßnahme werden in der Regel die jeweiligen Beurteilungsmaßstäbe (siehe Abschnitt 4.4) eingehalten.

Wird durch diese Maßnahme die Unterschreitung des jeweiligen Beurteilungsmaßstabes als Schutzziel nicht erreicht, müssen folgende Schutzmaßnahmen einzeln oder kombiniert zusätzlich angewendet werden:

- **T4** Geschlossene Anlage mit Absaugung
- **T5** Lüftungskabine am Beschickungswagen
- **T6** Abdeckung der Elektrolytbehälter
- **T7** Raumluftechnische Anlage
- **T8** Festverlegte Rohrleitungen zu den Verkupferungsanlagen
- **T9** Beschickungsanlage mit Aushängesicherung und Tropfschutz
- **O1** Regelmäßige Kontrolle und Funktionsprüfung der Absauganlage
- **O2** Regelmäßige Prüfung der lüftungstechnischen Einrichtung durch eine befähigte Person
- **O3** Regelmäßige Reinigung der Lüftungskanäle und der Umgebung der Prozessbehälter von Anhaftungen oder Verkrustungen durch Kupfersalze
- **P1** Persönliche Schutzausrüstung bei Arbeiten mit alkalischem Elektrolyten (Schwefelsäure, saures Verkupfern), wenn Hautkontakt möglich, z. B. bei der Probenahme oder bei der Handgalvanik

Probenahme: Laborkittel und Augenschutz, Chemikalienschutzhandschuhe

Handgalvanik: Augenschutz, bei Bedarf Gesichtsschutz, Chemikalienschutzhandschuhe, chemikalienfeste Arbeitskleidung, Kunststoffschürze, Gummistiefel



Gefährdungen durch Brände und Explosionen

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



Schutzmaßnahmen gegen Brände und Explosionen

- **T1** Wirksame lufttechnische Maßnahmen (Absaugung) zur Verhinderung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre
- **T2** Überwachung der technischen Lüftung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059
- **T3** Abschalten der Gleichrichter zum Beenden der Wasserstoff- und Sauerstoffentwicklung, wenn die Überwachung der technischen Lüftung die Unwirksamkeit der lufttechnischen Maßnahmen feststellt (Abluftvolumenstrom unter Auslegungswerten),

Verknüpfung dieser Maßnahme mit Überwachung der technischen Lüftung über die Steuerung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059

- **T4** Vermeidung und Reduzierung von Zündquellen im Rahmen des Explosionschutzkonzeptes unter Berücksichtigung der Einteilung der explosionsgefährdeten Bereiche in Zonen; alle elektrischen und nichtelektrischen Geräte und Bauteile müssen in Übereinstimmung mit den geforderten Kategorien gestaltet und konstruiert sein, damit jede wirksame Zündquelle vermieden wird.
- **T5** Vermeidung von Zündquellen, z. B. durch das Abschalten des Stroms beim Ein- und Ausfahren der Warenträger in die Prozessbehälter, bei denen sich Wasserstoff unter Schaumbildung entwickelt
- **O1** Erstellung eines Explosionsschutzdokumentes mit Zonenplan für die explosionsgefährdeten Bereiche
- **O2** Prüfung der Galvanikanlage als ortsfeste elektrische Anlage nach DGUV Vorschrift 3 und 4
- **O3** Arbeitstäglige Funktionsprüfung und regelmäßige Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person
- **O4** Thermografische Untersuchungen (Wärmebildkamera)



Mechanische Gefährdungen

- Quetsch- und Scherstellen aufgrund von Beschickungseinrichtungen, Warenträgerbewegung, an offenen Zahnradantrieben (Trommelanlagen)



Schutzmaßnahmen gegen mechanische Gefährdungen

- **T1** Verhinderung des Zugriffs in Quetsch- und Scherstellen durch trennende Schutzeinrichtungen und Schutzeinrichtungen mit Annäherungsfunktion, z. B. Schutzbügel
- **O1** Arbeitstäglige Funktionsprüfung und regelmäßige Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person



Gefährdungen durch Lärm

- Trommelanlagen



Schutzmaßnahmen gegen Lärm

- **T1** Reduzierung der Fallhöhe der Werkstücke (z. B. an Trommelanlagen durch Reduzierung der Fallhöhe zwischen Trommelöffnung und Auffangbehälter bzw. Rutsche)
- **T2** Verwenden von entdröhnten Materialien (Sandwichblechen, Verbundmaterialien) zur Konstruktion von Rutschen, Leitblechen und Auffangbehältern
- **T3** Aufbringen von lärm mindernden Auskleidungen, Matten oder Kunststoffbeschichtungen an Rutschen, Leitblechen und Auffangbehältern

- **P1** Tragen von geeignetem Gehörschutz (z. B. Gehörschutzstöpsel, Bügelgehörschützer, Kapseln, Otoplastiken)



Elektrische Gefährdungen

- Durch elektrischen Schlag bei feuchten und nassen Umgebungsbedingungen (d. h. in feuchten und nassen Räumen) aufgrund von direktem oder indirektem Berühren in Bereichen mit mehr als 30 V Gleichspannung oder 12 V Wechselspannung
- Bei feuchten und nassen Umgebungsbedingungen (d. h. in feuchten und nassen Räumen) ist ein Schutz gegen indirektes und direktes Berühren nicht erforderlich, wenn die Nennspannung des SELV- oder PELV-Systems 30 V Gleichspannung oder 12 V Wechselspannung nicht überschreitet.



Schutzmaßnahmen gegen elektrische Gefährdungen

- **T1** Schutz gegen elektrischen Schlag durch Basisschutz nach VDE 0113-1 (insbesondere Gehäuse, Isolierung)
- **T2** Schutz gegen elektrischen Schlag durch feststehende trennende Schutzeinrichtungen und Verriegelungen der elektrischen Stromversorgung mit beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen oder berührungslos wirkenden Schutzeinrichtungen
- **O1** Die elektrische Ausrüstung ist gegen äußere Einflüsse (z. B. mechanische, thermische, chemische Beanspruchung) zu schützen.
- **O2** Elektrische Einrichtungen dürfen nur von einer Elektrofachkraft oder unter deren Leitung und Aufsicht den elektrotechnischen Regeln entsprechend errichtet, geändert und instandgehalten werden.
- **O3** Regelmäßige, mindestens jährliche Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person



Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

- Von Personen mit aktiven Implantaten (z. B. Herzschrittmacher) durch magnetische Felder besonders in der Nähe von Wechselrichtern/Gleichrichtern und stromführenden Bauteilen (z. B. Schienen)
- Aller Beschäftigten beim sauren Verkupfern unter Verwendung von pulsierendem Gleichstrom (Unipolar-, Reverse- und Complex-Puls), sauren Verkupfern mit zunehmender Frequenz und zunehmender Impulslänge durch magnetische Felder insbesondere in der Nähe von Wechselrichtern/Gleichrichtern und stromführenden Bauteilen (z. B. Schienen)



Schutzmaßnahmen bei Personen mit aktiven Implantaten gegen Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

- **O1** Für die Beschäftigten sind individuelle Lösungen zu erarbeiten:

- Die Arbeits- und Aufenthaltsbereiche sind entsprechend den Nutzungsmerkmalen der Bereiche und der vorhandenen Quellen festzulegen.
- Die auftretende Exposition ist durch Berechnung, Messung, Herstellerangaben oder im Vergleich mit ähnlichen EMF-Quellen zu ermitteln.
- **O2** für Besucher und Besucherinnen sowie Fremdpersonal sind auf dem Unternehmensgelände in der Regel organisatorische Schutzmaßnahmen zu treffen.

Nach der DGUV Information 203-043 sind dann folgende Schutzmaßnahmen durchzuführen:

- Erstellung von Betriebsanweisungen
- Kennzeichnung der Bereiche, die von Personen mit Implantaten nicht betreten werden dürfen
- Unterweisung von Beschäftigten und Fremdpersonal
- Information von Besuchern und Besucherinnen



Schutzmaßnahmen bei allen Beschäftigten beim sauren Verkupfern unter Verwendung von pulsierendem Gleichstrom gegen Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

- **O1** Die Expositionsbereiche sind entsprechend den Nutzungsmerkmalen der Bereiche und der vorhandenen Quellen festzulegen.
- **O2** Die auftretende Exposition ist durch Berechnung, Messung, Herstellerangaben oder im Vergleich mit ähnlichen EMF-Quellen zu ermitteln.
- **O3** Die Beurteilung einer Exposition ist durch den Vergleich mit den zulässigen Werten der Anlage 1 der DGUV Vorschrift 15 und 16 vorzunehmen.

Nach der DGUV Vorschrift 15 und 16 sind dann in Abhängigkeit vom festgelegten Expositionsbereich folgende Schutzmaßnahmen durchzuführen:

- **Expositionsbereich 1**
 - Erstellung von Betriebsanweisungen
 - Unterweisung
 - Zugangsverbot nur für Personen mit passiven Implantaten aus ferromagnetischen Materialien (Kennzeichnung)
- **Bereich erhöhter Exposition**
 - Erstellung von Betriebsanweisungen
 - Unterweisung
 - Kennzeichnung
 - Begrenzung der Aufenthaltsdauer
 - Zugangsregelungen
 - Sicherheitsabstand
 - Zugangsverbot für Personen mit passiven Implantaten (Kennzeichnung)



Thermische Gefährdung durch Hitze

- Nur beim cyanidischen Verkupfern besteht bei hohen Elektrolyttemperaturen von bis zu 65° C eine Gefährdung durch heiße Oberflächen (Behälterwandung und Rohrleitungen).



Schutzmaßnahmen gegen thermische Gefährdungen

- **T1** Isolierung der Prozessbehälter und Rohrleitungen
- **T2** Trennende Schutzeinrichtungen (z. B. Geländer, oder Bleche und Verkleidungen)



Arbeitsmedizinische Vorsorge

- Angebotsvorsorge bei Tätigkeiten mit Exposition gegenüber atemwegssensibilisierenden Stoffen (DGUV Empfehlung Tätigkeiten mit Stoffen, die obstruktive Atemwegserkrankungen auslösen können) für exponierte Beschäftigte mit bronchialer Überempfindlichkeit (siehe Kapitel 3.4)
- Angebotsvorsorge (Auslösewert 80 dB(A)) oder Pflichtvorsorge (Auslösewert 85 dB(A)) bei Tätigkeiten mit Lärmexposition (DGUV Empfehlung Lärm)
- Angebotsvorsorge (bei Feuchtarbeit > 2 h) oder Pflichtvorsorge (bei Feuchtarbeit > 4 h) (DGUV Empfehlung Gefährdung der Haut)
- Angebotsvorsorge bei Tätigkeiten mit Exposition gegenüber hautsensibilisierend wirkenden Stoffen (DGUV Empfehlung Gefährdung der Haut)

3.2.7 Verzinken – cyanidisch oder sauer oder alkalisch

Beim cyanidischen Verzinken besteht eine inhalative chemische Gefährdung durch Cyanwasserstoff. Mit steigender Stromdichte steigen dort Wasserstoff- und Aerosolbildung und damit Brand- und Explosionsgefahren an. Beim alkalischen Verzinken besteht eine deutlich erhöhte Brand- und Explosionsgefahr an Prozessbehältern und Zinklösestationen. Elektromagnetische Felder gefährden nicht nur Personen mit aktiven Implantaten, sondern beim alkalischen Verzinken mit pulsierendem Gleichstrom alle Beschäftigten. Mechanische Gefährdungen sind an Beschickungseinrichtungen und Trommelanlagen zu beachten.

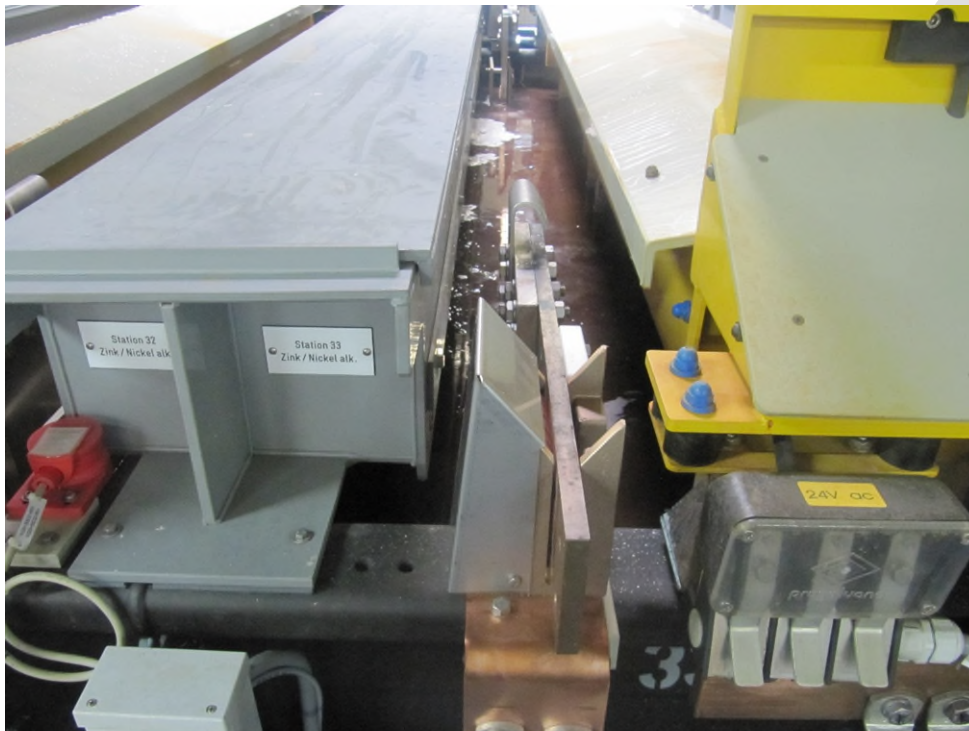


Abb. 12: Zink-Nickel Elektrolyt mit eingehängtem Trommel – Deckel zur Verbesserung der Absaugwirkung



Rechtliche Grundlagen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- Gefahrstoffverordnung
- Betriebssicherheitsverordnung
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge
- DGUV Vorschrift 3 und 4 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“
- DGUV Vorschrift 15 und 16 „Elektromagnetische Felder“
- DGUV Vorschrift 52 und 53 „Krane“
- TRGS 401 (Gefährdungen durch Hautkontakt)
- TRGS 402 (Inhalative Exposition)
- TRGS 500 (Schutzmaßnahmen)
- TRGS 722 (Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre)
- DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“

- DGVV Regel 113-001 „Explosionsschutz-Regeln“



Weitere Informationen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- DGVV Information 203-043 „Beeinflussung von Implantaten durch elektromagnetische Felder“
- DGVV Information 209-009 „Galvanisieren“
- DGVV Information 213-716 „Galvanotechnik und Eloxieren“
- Fachbereich AKTUELL FBHM-122 „Hilfestellungen zum Explosionsschutzkonzept und zur Zoneneinteilung für explosionsgefährdete Bereiche verschiedener Verfahren in Galvanik- und Anodisieranlagen“
- VDE 0113-1:2014-10 „Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen, Teil 1: Allgemeine Anforderungen“
- DIN EN 12599:2013-01 „Prüf- und Messverfahren für die Übergabe raumlufttechnischer Anlagen“
- DIN EN 17059:2018 „Galvanik- und Anodisieranlagen – Sicherheitsanforderungen“
- VDI-Richtlinie 2262 Blatt 4: März 2006 Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz; Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe
- Leitfaden des ZVO (2016) zur Auslegung von Abluftanlagen an Galvanikanlagen
- Handlungshilfe der BG ETEM „Gefahrstoffe in der Galvanotechnik und Oberflächenveredelung“ (S 015)



Chemische Gefährdungen

- **Inhalative Gefährdungen:** Einatmung von zinkhaltigen Aerosolen, Säure- und Laugen-Aerosolen
 - Die Aerosolbildung ist beim sauren Verzinken und beim cyanidischen Verzinken verfahrensbedingt gering. Beim cyanidischen Verzinken steigt die Aerosolbildung (aufgrund der steigenden Wasserstoffentwicklung) mit steigender Stromdichte und sich damit verringernder Stromausbeute sowie bei Variation von Temperatur und Cyanidgehalt des Elektrolyten. Beim alkalischen Verzinken ist die Aerosolbildung deutlich höher als beim sauren und cyanidischen Verzinken. Daher ist die inhalative Gefährdung auf-grund von zinkhaltigen Aerosolen und Laugen- und Säuredämpfen beim cyanidischen und sauren Verzinken gering. Beim cyanidischen Verzinken steigt sie mit steigender Stromdichte sowie bei Variation von Temperatur und Cyanidgehalt des Elektrolyten an. Beim alkalischen Verzinken ist die inhalative Gefährdung im Vergleich zu den bei-den anderen Verfahren aufgrund der erhöhten Wasserstoffentwicklung höher.
 - Beim cyanidischen Verzinken ist die inhalative Gefährdung aufgrund der Bildung von kritischen Cyanwasserstoffkonzentrationen zu beurteilen. Hier sind Einflussfaktoren wie mangelhafte oder abgeschaltete Absaugung, Kohlendioxideinschleppung bei längeren Stillstandzeiten oder das Einschleppen von Säuren zu beurteilen.
 - Reizungen der Atemwege durch Säure- und Laugen-Aerosole
- **Dermale Gefährdungen:**
 - Gemäß TRGS 401 mittel bis hoch bei handbeschickten Prozessen entsprechend dem geringen Automatisierungsgrad; durch direkte Berührung des Elektrolyten bzw. Spritzer

Reizwirkung und Sensibilisierung der Haut; gering bei handgeführten oder automatischen Beschickungseinrichtungen

- **Orale Gefährdungen:** bei Nichtbeachtung der Hygienemaßnahmen (Verweis auf TRGS 500)
 - akute Vergiftung bei Nichtbeachtung der Hygienemaßnahmen (cyanidische Elektrolyte),
 - Reizwirkung nach Verschlucken (alkalischer Elektrolyt beim cyanidischen und alkalischen Verzinken und saurer Elektrolyt beim sauren Verzinken)



Schutzmaßnahmen bei chemischen Gefährdungen

Immer anzuwendende Schutzmaßnahme:

- **T1** Emissionsmindernde Maßnahmen (z. B. der Einsatz von Netzmittel)
- **T2** Absaugung am Elektrolyten (z. B. Rand- oder Wandabsaugung).
- **T3** Überwachung der technischen Lüftung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059

Durch diese Maßnahme werden in der Regel die jeweiligen Beurteilungsmaßstäbe (siehe Abschnitt 4.4) eingehalten.

Wird durch diese Maßnahme die Unterschreitung des jeweiligen Beurteilungsmaßstabes als Schutzziel nicht erreicht, müssen folgende Schutzmaßnahmen einzeln oder kombiniert zusätzlich angewendet werden:

- **T4** Geschlossene Anlage mit Absaugung
- **T5** Lüftungskabine am Beschickungswagen
- **T6** Abdeckung der Elektrolytbehälter
- **T7** Raumluftechnische Anlage
- **T8** Festverlegte Rohrleitungen zu den Prozessbehältern
- **T9** Beschickungsanlage mit Aushängesicherung und Tropfschutz
- **O1** Regelmäßige Kontrolle und Funktionsprüfung der Absauganlage
- **O2** Regelmäßige Prüfung der Lüftungstechnischen Einrichtung durch eine befähigte Person
- **O3** Regelmäßige Reinigung der Lüftungskanäle und der Umgebung der Prozessbehälter von Anhaftungen oder Verkrustungen durch Natriumhydroxid und durch Zinksalze
- **P1** Persönliche Schutzausrüstung bei Arbeiten mit alkalischem Elektrolyten (Natriumhydroxid, cyanidisches und alkalisches Verzinken) oder saurem Elektrolyten (Schwefelsäure oder Salzsäure, saures Verzinken), wenn Hautkontakt möglich, z. B. bei der Probenahme oder bei der Handgalvanik
Probenahme: Laborkittel und Augenschutz, Chemikalienschutzhandschuhe
Handgalvanik: Augenschutz, bei Bedarf Gesichtsschutz, Chemikalienschutzhandschuhe, chemikalienfeste Arbeitskleidung, Kunststoffschürze, Gummistiefel



Gefährdungen durch Brände und Explosionen

- Brandgefahr durch Kurzschlüsse oder Überlast durch fehlerhafte elektrische Verbindungen
- Beim sauren Verzinken besteht eine geringe Brand- und Explosionsgefahr aufgrund von Wasserstoffentwicklung.
- Beim cyanidischen Verzinken besteht bei steigender Stromdichte und Variation von Temperatur und Cyanidgehalt des Elektrolyten aufgrund einer steigenden Wasserstoffentwicklung eine steigende Brand- und Explosionsgefahr.
- Beim alkalischen Verzinken besteht eine deutlich erhöhte Brand- und Explosionsgefahr aufgrund von Wasserstoffentwicklung im Vergleich zu den anderen beiden Verzinkungsverfahren (Prozessbehälter und Zinklösestationen).



Schutzmaßnahmen gegen Brände und Explosionen

- **T1** Wirksame lufttechnische Maßnahmen (Absaugung) zur Verhinderung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre
- **T2** Überwachung der technischen Lüftung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059
- **T3** Abschalten der Gleichrichter zum Beenden der Wasserstoff- und Sauerstoffentwicklung, wenn die Überwachung der technischen Lüftung die Unwirksamkeit der lufttechnischen Maßnahmen feststellt (Abluftvolumenstrom unter Auslegungswerten), Verknüpfung dieser Maßnahme mit Überwachung der technischen Lüftung über die Steuerung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059
- **T4** Vermeidung und Reduzierung von Zündquellen im Rahmen des Explosionsschutzkonzeptes unter Berücksichtigung der Einteilung der explosionsgefährdeten Bereiche in Zonen; alle elektrischen und nichtelektrischen Geräte und Bauteile müssen in Übereinstimmung mit den geforderten Kategorien gestaltet und konstruiert sein, damit jede wirksame Zündquelle vermieden wird.
- **T5** Vermeidung von Zündquellen, z. B. durch das Abschalten des Stroms beim Ein- und Ausfahren der Warenträger in die Prozessbehälter, bei denen sich Wasserstoff unter Schaumbildung entwickelt
- **O1** Erstellung eines Explosionsschutzdokumentes mit Zonenplan für die explosionsgefährdeten Bereiche
- **O2** Prüfung der Galvanikanlage als ortsfeste elektrische Anlage nach DGUV Vorschrift 3 und 4
- **O3** Arbeitstäglige Funktionsprüfung und regelmäßige Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person
- **O4** Thermografische Untersuchungen (Wärmebildkamera)



Mechanische Gefährdungen

- Quetsch- und Scherstellen aufgrund von Beschickungseinrichtungen, Warenträgerbewegung, an offenen Zahnradantrieben (Trommelanlagen)



Schutzmaßnahmen gegen mechanische Gefährdungen

- **T1** Verhinderung des Zugriffs in Quetsch- und Scherstellen durch trennende Schutzeinrichtungen und Schutzeinrichtungen mit Annäherungsfunktion, z. B. Schutzbügel
- **O1** Arbeitstägliche Funktionsprüfung und regelmäßige Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person



Gefährdungen durch Lärm

- Trommelanlagen



Schutzmaßnahmen gegen Lärm

- **T1** Reduzierung der Fallhöhe der Werkstücke (z. B. an Trommelanlagen durch Reduzierung der Fallhöhe zwischen Trommelöffnung und Auffangbehälter bzw. Rutsche)
- **T2** Verwenden von entdrehnten Materialien (Sandwichblechen, Verbundmaterialien) zur Konstruktion von Rutschen, Leitblechen und Auffangbehältern
- **T3** Aufbringen von lärmindernden Auskleidungen, Matten oder Kunststoffbeschichtungen an Rutschen, Leitblechen und Auffangbehältern
- **P1** Tragen von geeignetem Gehörschutz (z. B. Gehörschutzstöpsel, Bügelgehörschützer, Kapseln, Otoplastiken)



Elektrische Gefährdungen

- Durch elektrischen Schlag bei feuchten und nassen Umgebungsbedingungen (d. h. in feuchten und nassen Räumen) aufgrund von direktem oder indirektem Berühren in Bereichen mit mehr als 30 V Gleichspannung oder 12 V Wechselspannung
- Bei feuchten und nassen Umgebungsbedingungen (d. h. in feuchten und nassen Räumen) ist ein Schutz gegen indirektes und direktes Berühren nicht erforderlich, wenn die Nennspannung des SELV- oder PELV-Systems 30 V Gleichspannung oder 12 V Wechselspannung nicht überschreitet.



Schutzmaßnahmen gegen elektrische Gefährdungen

- **T1** Schutz gegen elektrischen Schlag durch Basisschutz nach VDE 0113-1 (insbesondere Gehäuse, Isolierung)
- **T2** Schutz gegen elektrischen Schlag durch feststehende trennende Schutzeinrichtungen und Verriegelungen der elektrischen Stromversorgung mit beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen oder berührungslos wirkenden Schutzeinrichtungen
- **O1** Die elektrische Ausrüstung ist gegen äußere Einflüsse (z. B. mechanische, thermische, chemische Beanspruchung) zu schützen.

- **02** Elektrische Einrichtungen dürfen nur von einer Elektrofachkraft oder unter deren Leitung und Aufsicht den elektrotechnischen Regeln entsprechend errichtet, geändert und instandgehalten werden.
- **03** Regelmäßige, mindestens jährliche Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person



Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

- Von Personen mit aktiven Implantaten (z. B. Herzschrittmacher) durch magnetische Felder besonders in der Nähe von Wechselrichtern/Gleichrichtern und stromführenden Bauteilen (z. B. Schienen)
- Aller Beschäftigten beim alkalischen Verzinken (Zink-Nickel) unter Verwendung von pulsierendem Gleichstrom (Unipolar-, Reverse- und Complex-Puls), sauren Verzinken mit zunehmender Frequenz und zunehmender Impulslänge durch magnetische Felder insbesondere in der Nähe von Wechselrichtern/Gleichrichtern und stromführenden Bauteilen (z. B. Schienen)



Schutzmaßnahmen bei Personen mit aktiven Implantaten gegen Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

- **01** Für die Beschäftigten sind individuelle Lösungen zu erarbeiten:
 - Die Arbeits- und Aufenthaltsbereiche sind entsprechend den Nutzungsmerkmalen der Bereiche und der vorhandenen Quellen festzulegen.
 - Die auftretende Exposition ist durch Berechnung, Messung, Herstellerangaben oder im Vergleich mit ähnlichen EMF-Quellen zu ermitteln.
- **02** für Besucher und Besucherinnen sowie Fremdpersonal sind auf dem Unternehmensgelände in der Regel organisatorische Schutzmaßnahmen zu treffen.

Nach der DGUV Information 203-043 sind dann folgende Schutzmaßnahmen durchzuführen:

- Erstellung von Betriebsanweisungen
- Kennzeichnung der Bereiche, die von Personen mit Implantaten nicht betreten werden dürfen
- Unterweisung von Beschäftigten und Fremdpersonal
- Information von Besuchern und Besucherinnen



Schutzmaßnahmen bei allen Beschäftigten beim alkalischen Verzinken (Zink-Nickel) unter Verwendung von pulsierendem Gleichstrom gegen Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

- **01** Die Expositionsbereiche sind entsprechend den Nutzungsmerkmalen der Bereiche und der vorhandenen Quellen festzulegen.
- **02** Die auftretende Exposition ist durch Berechnung, Messung, Herstellerangaben oder im Vergleich mit ähnlichen EMF-Quellen zu ermitteln.
- **03** Die Beurteilung einer Exposition ist durch den Vergleich mit den zulässigen Werten der Anlage 1 der DGUV Vorschrift 15 und 16 vorzunehmen.

Nach der DGUV Vorschrift 15 und 16 sind dann in Abhängigkeit vom festgelegten Expositionsbereich folgende Schutzmaßnahmen durchzuführen:

- **Expositionsbereich 1**

- Erstellung von Betriebsanweisungen
- Unterweisung
- Zugangsverbot nur für Personen mit passiven Implantaten aus ferromagnetischen Materialien (Kennzeichnung)

- **Bereich erhöhter Exposition**

- Erstellung von Betriebsanweisungen
- Unterweisung
- Kennzeichnung
- Begrenzung der Aufenthaltsdauer
- Zugangsregelungen
- Sicherheitsabstand
- Zugangsverbot für Personen mit passiven Implantaten (Kennzeichnung)



Thermische Gefährdung durch Hitze

keine



Schutzmaßnahmen gegen thermische Gefährdungen

keine



Arbeitsmedizinische Vorsorge

- Angebotsvorsorge bei Tätigkeiten mit Exposition gegenüber atemwegssensibilisierend wirkenden Stoffen (DGUV Empfehlung Tätigkeiten mit Stoffen, die obstruktive Atemwegserkrankungen auslösen können) für exponierte Beschäftigte mit bronchialer Überempfindlichkeit (siehe Kapitel 3.4))
- Angebotsvorsorge (Auslösewerte 80 dB(A)) oder Pflichtvorsorge (Auslösewert 85 dB(A)) bei Tätigkeiten mit Lärmexposition (DGUV Empfehlung Lärm)
- Angebotsvorsorge (bei Feuchtarbeit > 2h) oder Pflichtvorsorge (bei Feuchtarbeit > 4h) (DGUV Empfehlung Gefährdung der Haut)
- Angebotsvorsorge bei Tätigkeiten mit Exposition gegenüber hautsensibilisierenden Stoffen (DGUV Empfehlung Gefährdung der Haut)

3.2.8 Veredeln mit Gold und Silber

Bei der galvanischen Abscheidung von Gold- und Silberüberzügen aus cyanidischen Elektrolyten bestehen inhalative und dermale Gefährdungen durch die Bildung von giftigem Cyanwasserstoff. Warenträgerbewegungen an Beschickungseinrichtungen und Trommelanlagen verursachen mechanische Gefährdungen. An Bandanlagen bestehen Einzugsstellen, z. B. an Ab- und Aufwicklern. Elektromagnetische Felder in der Nähe von Wechselrichtern oder Gleichrichtern gefährden Personen mit aktiven Implantaten.

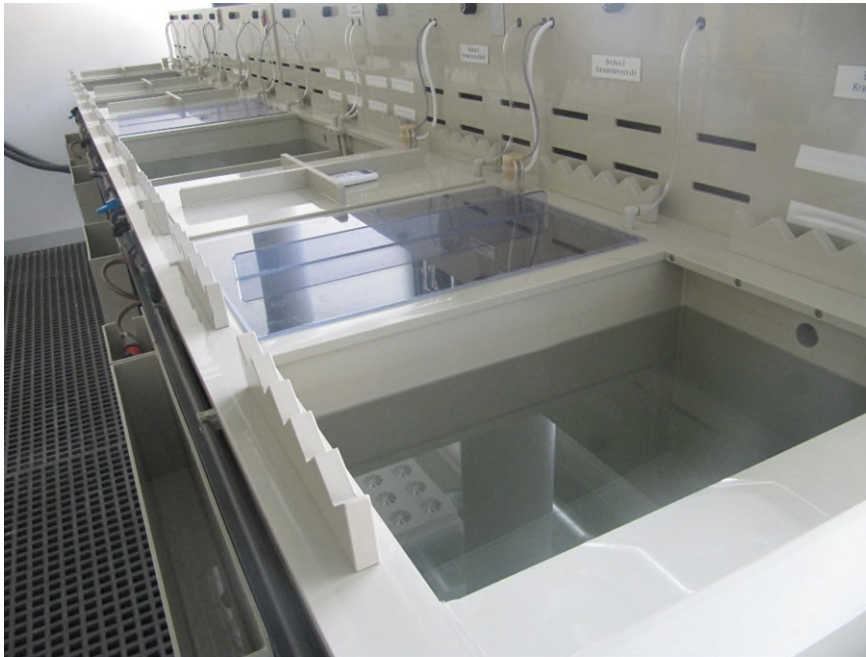


Abb. 13: Handbeschickte Anlage mit Wandabsaugung und Deckel zum Veredeln mit Gold und Silber



Rechtliche Grundlagen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- Gefahrstoffverordnung
- Betriebssicherheitsverordnung
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge
- DGUV Vorschrift 3 und 4 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“
- DGUV Vorschrift 15 und 16 „Elektromagnetische Felder“
- DGUV Vorschrift 52 und 53 „Krane“
- TRGS 401 (Gefährdungen durch Hautkontakt)
- TRGS 402 (Inhalative Exposition)
- TRGS 500 (Schutzmaßnahmen)
- TRGS 722 (Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre)
- DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“
- DGUV Regel 113-001 „Explosionsschutz-Regeln“



Weitere Informationen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- DGUV Information 203-043 „Beeinflussung von Implantaten durch elektromagnetische Felder“
- DGUV Information 209-009 „Galvanisieren“
- DGUV Information 213-716 „Galvanotechnik und Eloxieren“
- Fachbereich AKTUELL FBHM-122 „Hilfestellungen zum Explosionsschutzkonzept und zur Zoneneinteilung für explosionsgefährdete Bereiche verschiedener Verfahren in Galvanik- und Anodisieranlagen“
- VDE 0113-1:2014-10 „Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen, Teil 1: Allgemeine Anforderungen“
- DIN EN 12599:2013-01 „Prüf- und Messverfahren für die Übergabe raumluftechnischer Anlagen“
- DIN EN 17059:2018 „Galvanik- und Anodisieranlagen – Sicherheitsanforderungen“
- VDI-Richtlinie 2262 Blatt 4: März 2006 „Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz; Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe“
- Leitfaden des ZVO (2016) zur Auslegung von Abluftanlagen an Galvanikanlagen
- Handlungshilfe der BG ETEM „Gefahrstoffe in der Galvanotechnik und Oberflächenveredelung“ (S 015)



Chemische Gefährdungen

- Inhalative Gefährdungen: Einatmung von Cyanwasserstoff und cyanidhaltigen Aerosolen beim Einsatz cyanidhaltiger Elektrolyte. Geringe Gefährdung bei Anwendung geschlossener Durchlaufanlagen
- Dermale Gefährdungen: gemäß TRGS 401 mittel bis hoch bei handbeschickten Prozessen; entsprechend dem geringen Automatisierungsgrad durch direkte Berührung des Elektrolyten bzw. Spritzer Reizwirkung und Sensibilisierung der Haut; gering bei handgeführten oder automatischen Beschickungseinrichtungen oder bei Durchlaufanlagen
- Orale Gefährdungen: Vergiftungsgefahr bei Nichtbeachtung der Hygienemaßnahmen (Verweis auf TRGS 500)
 - akute Vergiftung bei Nichtbeachtung der Hygienemaßnahmen (cyanidische Elektrolyte)



Schutzmaßnahmen bei chemischen Gefährdungen

Immer anzuwendende Schutzmaßnahme:

- **T1** Emissionsmindernde Maßnahmen (z. B. der Einsatz von Netzmittel)
- **T2** Absaugung am Elektrolyten (z. B. Rand- oder Wandabsaugung)
- **T3** Überwachung der technischen Lüftung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059

oder

- **T4** Geschlossene Anlage mit Absaugung (Durchlaufanlage)

Wird durch diese Maßnahme die Unterschreitung des jeweiligen Beurteilungsmaßstabes als Schutzziel nicht erreicht, müssen folgende Schutzmaßnahmen einzeln oder kombiniert zusätzlich angewendet werden:

- **T5** Lüftungskabine am Beschickungswagen
- **T6** Abdeckung der Elektrolytbehälter
- **T7** Raumluftechnische Anlage
- **T8** Festverlegte Rohrleitungen zu den Prozessbehältern
- **T9** Beschickungsanlage mit Aushängesicherung und Tropfschutz
- **O1** Regelmäßige Kontrolle und Funktionsprüfung der Absauganlage
- **O2** Regelmäßige Prüfung der Lüftungstechnischen Einrichtung durch eine befähigte Person
- **O3** Regelmäßige Reinigung der Lüftungskanäle und der Umgebung der Prozessbehälter von Anhaftungen oder Verkrustungen durch Elektrolytsalze
- **P1** Persönliche Schutzausrüstung bei Arbeiten mit cyanidhaltigen Elektrolyten, wenn Hautkontakt möglich, z. B. bei der Probenahme oder bei der Handgalvanik

Probenahme: Laborkittel und Augenschutz, Chemikalienschutzhandschuhe

Handgalvanik: Augenschutz, bei Bedarf Gesichtsschutz, Chemikalienschutzhandschuhe, chemikalienfeste Arbeitskleidung, Kunststoffschürze, Gummistiefel

Der Beurteilungsmaßstab von Cyaniden wird erfahrungsgemäß unterschritten bei:

- **T10** Geschlossene Anlage mit einer mechanischen Prozessbehälterabdeckung und Absaugung. Zusätzlich eine raumluftechnische Anlage (Wirksamkeit nachgewiesen z. B. nach DIN EN 12599)

oder

- **T11** Quasi-geschlossene Anlage: Prozessbehälter mit mechanischer Prozessbehälterabdeckung und abgesaugter Transportwagen

in Verbindung mit

- **O1** Regelmäßige Kontrolle und Funktionsprüfung der Absauganlage
- **O2** Regelmäßige Prüfung der Lüftungstechnischen Einrichtung durch eine befähigte Person
- **O3** Regelmäßige Reinigung der Lüftungskanäle und der Umgebung der Prozessbehälter von Anhaftungen oder Verkrustungen durch Elektrolytsalze
- **P1** Persönliche Schutzausrüstung bei Arbeiten mit cyanidhaltigen Elektrolyten, wenn Hautkontakt möglich, z. B. bei der Probenahme oder bei der Handgalvanik
- Probenahme: Laborkittel und Augenschutz, Chemikalienschutzhandschuhe
- Handgalvanik: Augenschutz, bei Bedarf Gesichtsschutz, Chemikalienschutzhandschuhe, chemikalienfeste Arbeitskleidung, Kunststoffschürze, Gummistiefel



Gefährdungen durch Brände und Explosionen

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



Schutzmaßnahmen gegen Brände und Explosionen

- **T1** Wirksame lufttechnische Maßnahmen (Absaugung) zur Verhinderung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre
- **T2** Überwachung der technischen Lüftung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059
- **T3** Abschalten der Gleichrichter zum Beenden der Wasserstoff- und Sauerstoffentwicklung, wenn die Überwachung der technischen Lüftung die Unwirksamkeit der lufttechnischen Maßnahmen feststellt (Abluftvolumenstrom unter Auslegungswerten), Verknüpfung dieser Maßnahme mit Überwachung der technischen Lüftung über die Steuerung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059
- **T4** Vermeidung und Reduzierung von Zündquellen im Rahmen des Explosionsschutzkonzeptes unter Berücksichtigung der Einteilung der explosionsgefährdeten Bereiche in Zonen; alle elektrischen und nichtelektrischen Geräte und Bauteile müssen in Übereinstimmung mit den geforderten Kategorien gestaltet und konstruiert sein, damit jede wirksame Zündquelle vermieden wird.
- **T5** Vermeidung von Zündquellen, z. B. durch das Abschalten des Stroms beim Ein- und Ausfahren der Warenträger in die Prozessbehälter, bei denen sich Wasserstoff unter Schaumbildung entwickelt
- **O1** Erstellung eines Explosionsschutzdokumentes mit Zonenplan für die explosionsgefährdeten Bereiche
- **O2** Prüfung der Galvanikanlage als ortsfeste elektrische Anlage nach DGUV Vorschrift 3 und 4
- **O3** Arbeitstäglige Funktionsprüfung und regelmäßige Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person
- **O4** Thermografische Untersuchungen (Wärmebildkamera)



Mechanische Gefährdungen

- Einzugstellen, Quetsch- und Scherstellen aufgrund von Abwickel- bzw. Aufwickelvorrichtungen an Durchlaufanlagen, Fahrbewegungen von Beschickungseinrichtungen, Warenträgerbewegung, offenen Zahnradantrieben an Trommelanlagen



Schutzmaßnahmen gegen mechanische Gefährdungen

- **T1** Verhinderung des Zugriffs in Gefahrstellen durch trennende Schutzeinrichtungen und Schutzeinrichtungen mit Annäherungsfunktion, z. B. Lichtvorhang, feste Verdeckungen, Schutzbügel
- **O1** Arbeitstägliche Funktionsprüfung und regelmäßige Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person



Gefährdungen durch Lärm

- Trommelanlagen
- Trocknen der Bauteile durch Druckluft



Schutzmaßnahmen gegen Lärm

- **T1** Reduzierung der Fallhöhe der Werkstücke (z. B. an Trommelanlagen durch Reduzierung der Fallhöhe zwischen Trommelöffnung und Auffangbehälter bzw. Rutsche)
- **T2** Verwenden von entdröhnten Materialien (Sandwichblechen, Verbundmaterialien) zur Konstruktion von Rutschen, Leitblechen und Auffangbehältern
- **T3** Aufbringen von lärmindernden Auskleidungen, Matten oder Kunststoffbeschichtungen an Rutschen, Leitblechen und Auffangbehältern
- **P1** Tragen von geeignetem Gehörschutz (z. B. Gehörschutzstöpsel, Bügelgehörschützer, Kapseln, Otoplastiken)



Elektrische Gefährdungen

- Durch elektrischen Schlag bei feuchten und nassen Umgebungsbedingungen (d. h. in feuchten und nassen Räumen) aufgrund von direktem oder indirektem Berühren in Bereichen mit mehr als 30 V Gleichspannung oder 12 V Wechselspannung
- Bei feuchten und nassen Umgebungsbedingungen (d. h. in feuchten und nassen Räumen) ist ein Schutz gegen indirektes und direktes Berühren nicht erforderlich, wenn die Nennspannung des SELV- oder PELV-Systems 30 V Gleichspannung oder 12 V Wechselspannung nicht überschreitet.



Schutzmaßnahmen gegen elektrische Gefährdungen

- **T1** Schutz gegen elektrischen Schlag durch Basisschutz nach VDE 0113-1 (insbesondere Gehäuse, Isolierung)
- **T2** Schutz gegen elektrischen Schlag durch feststehende trennende Schutzeinrichtungen und Verriegelungen der elektrischen Stromversorgung mit beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen oder berührungslos wirkenden Schutzeinrichtungen
- **O1** Die elektrische Ausrüstung ist gegen äußere Einflüsse (z. B. mechanische, thermische, chemische Beanspruchung) zu schützen.

- **O2** Elektrische Einrichtungen dürfen nur von einer Elektrofachkraft oder unter deren Leitung und Aufsicht den elektrotechnischen Regeln entsprechend errichtet, geändert und instandgehalten werden.
- **O3** Regelmäßige, mindestens jährliche Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person



Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

- Von Personen mit aktiven Implantaten (z. B. Herzschrittmacher) durch magnetische Felder besonders in der Nähe von Wechselrichtern/Gleichrichtern und stromführenden Bauteilen (z. B. Schienen)



Schutzmaßnahmen bei Personen mit aktiven Implantaten gegen Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

- **O1** Für die Beschäftigten sind individuelle Lösungen zu erarbeiten:
 - Die Arbeits- und Aufenthaltsbereiche sind entsprechend den Nutzungsmerkmalen der Bereiche und der vorhandenen Quellen festzulegen.
 - Die auftretende Exposition ist durch Berechnung, Messung, Herstellerangaben oder im Vergleich mit ähnlichen EMF-Quellen zu ermitteln.
- **O2** für Besucher und Besucherinnen sowie Fremdpersonal sind auf dem Unternehmensgelände in der Regel organisatorische Schutzmaßnahmen zu treffen.

Nach der DGUV Information 203-043 sind dann folgende Schutzmaßnahmen durchzuführen:

- Erstellung von Betriebsanweisungen
- Kennzeichnung der Bereiche, die von Personen mit Implantaten nicht betreten werden dürfen
- Unterweisung von Beschäftigten und Fremdpersonal
- Information von Besuchern und Besucherinnen



Thermische Gefährdung durch Hitze

- Bei der cyanidischen Vergoldung kann die Elektrolyttemperatur 50 bis 70° C betragen, es besteht dann eine Gefährdung durch heiße Oberflächen (Behälterwandung und Rohrleitungen).



Schutzmaßnahmen gegen thermische Gefährdungen

- **T1** Isolierung der Prozessbehälter und Rohrleitungen
- **T2** Trennende Schutzeinrichtungen (z. B. Geländer oder Bleche und Verkleidungen)



Arbeitsmedizinische Vorsorge

- Angebotsvorsorge (Auslösewert 80 dB(A)) oder Pflichtvorsorge (Auslösewert 85 dB(A)) bei Tätigkeiten mit Lärmexposition (DGUV Empfehlung Lärm)
- Angebotsvorsorge (bei Feuchtarbeit > 2 h) oder Pflichtvorsorge (bei Feuchtarbeit > 4 h) (DGUV Empfehlung Gefährdung der Haut)
- Angebotsvorsorge bei Tätigkeiten mit Exposition gegenüber hautsensibilisierend wirkenden Stoffen (DGUV Empfehlung Gefährdung der Haut)

Entwurf

3.2.9 Verzinnen – sauer oder alkalisch

Beim Verzinnen bestehen in der Hauptsache dermale Gefährdungen bei Kontaktmöglichkeiten zum Elektrolyten. An heißen Oberflächen und Rohrleitungen (alkalische Elektrolyte) bestehen thermische Gefährdungen. An Band- und Drahtverzinnungsanlagen treten mechanische Gefährdungen an Ein- und Auslaufstellen von Wickeleinrichtungen auf. Elektromagnetische Felder in der Nähe von Wechselrichtern oder Gleichrichtern gefährden Personen mit aktiven Implantaten.



Abb. 14: Trommelanlage zum alkalischen Verzinnen mit Reißleine als Not-Halt-Einrichtung



Rechtliche Grundlagen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- Gefahrstoffverordnung
- Betriebssicherheitsverordnung
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge
- DGUV Vorschrift 3 und 4 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“
- DGUV Vorschrift 15 und 16 „Elektromagnetische Felder“
- DGUV Vorschrift 52 und 53 „Krane“
- TRGS 401 (Gefährdungen durch Hautkontakt)
- TRGS 402 (Inhalative Exposition)
- TRGS 500 (Schutzmaßnahmen)
- TRGS 722 (Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre)
- DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“
- DGUV Regel 113-001 „Explosionsschutz-Regeln“



Weitere Informationen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- DGUV Information 203-043 „Beeinflussung von Implantaten durch elektromagnetische Felder“
- DGUV Information 209-009 „Galvanisieren“
- DGUV Information 213-716 „Galvanotechnik und Eloxieren“
- Fachbereich AKTUELL FBHM-122 „Hilfestellungen zum Explosionsschutzkonzept und zur Zoneneinteilung für explosionsgefährdete Bereiche verschiedener Verfahren in Galvanik- und Anodisieranlagen“
- VDE 0113-1:2014-10 „Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen, Teil 1: Allgemeine Anforderungen“
- DIN EN 12599:2013-01 „Prüf- und Messverfahren für die Übergabe raumluftechnischer Anlagen“
- DIN EN 17059:2018 „Galvanik- und Anodisieranlagen – Sicherheitsanforderungen“
- VDI-Richtlinie 2262 Blatt 4: März 2006 „Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz; Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe“
- Leitfaden des ZVO (2016) zur Auslegung von Abluftanlagen an Galvanikanlagen
- Handlungshilfe der BG ETEM „Gefahrstoffe in der Galvanotechnik und Oberflächenveredelung“ (S 015)



Chemische Gefährdungen

- Inhalative Gefährdungen: Je nach Elektrolyt und Verfahren durch Fluoride, Fluorwasserstoff, Schwefelsäure, Natronlauge, Borverbindungen, Aerosole des Zinnelektrolyten. Geringe Gefährdung bei Anwendung geschlossener Durchlaufanlagen
- Dermale Gefährdungen: gemäß TRGS 401 mittel bis hoch bei handbeschickten Prozessen entsprechend dem geringen Automatisierungsgrad; durch direkte Berührung des Elektrolyten bzw. Spritzer
- Reizwirkung und Sensibilisierung der Haut; gering bei handgeführten oder automatischen Beschickungseinrichtungen oder Durchlaufanlagen
- Orale Gefährdungen Vergiftungsgefahr bei Nichtbeachtung der Hygienemaßnahmen (Verweis auf TRGS 500)



Schutzmaßnahmen bei chemischen Gefährdungen

Immer anzuwendende Schutzmaßnahme:

- **T1** Emissionsmindernde Maßnahmen (z. B. der Einsatz von Netzmittel)
- **T2** Geschlossene Anlage mit Absaugung (Durchlaufanlage)
- **T3** Absaugung am Elektrolyten (z. B. Rand- oder Wandabsaugung).
- **T4** Überwachung der technischen Lüftung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059

Durch diese Maßnahme werden in der Regel die jeweiligen Beurteilungsmaßstäbe (siehe Abschnitt 4.4) eingehalten.

Wird durch diese Maßnahme die Unterschreitung des jeweiligen Beurteilungsmaßstabes als Schutzziel nicht erreicht, müssen folgende Schutzmaßnahmen einzeln oder kombiniert zusätzlich angewendet werden:

- **T5** Lüftungskabine am Beschickungswagen
- **T6** Abdeckung der Elektrolytbehälter
- **T7** Raumluftechnische Anlage
- **T8** Festverlegte Rohrleitungen zu den Prozessbehältern
- **T9** Beschickungsanlage mit Aushängesicherung und Tropfschutz
- **O1** Regelmäßige Kontrolle und Funktionsprüfung der Absauganlage
- **O2** Regelmäßige Prüfung der Lüftungstechnischen Einrichtung durch eine befähigte Person
- **O3** Regelmäßige Reinigung der Lüftungskanäle und der Umgebung der Prozessbehälter von Anhaftungen oder Verkrustungen durch Elektrolytsalze
- **P1** Persönliche Schutzausrüstung bei Arbeiten mit Elektrolyten, wenn Hautkontakt möglich, z. B. bei der Probenahme oder bei der Handgalvanik

Probenahme: Laborkittel und Augenschutz, Chemikalienschutzhandschuhe
Handgalvanik: Augenschutz, bei Bedarf Gesichtsschutz, Chemikalienschutzhandschuhe, chemikalienfeste Arbeitskleidung, Kunststoffschürze, Gummistiefel



Gefährdungen durch Brände und Explosionen

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



Schutzmaßnahmen gegen Brände und Explosionen

- **T1** Wirksame lufttechnische Maßnahmen (Absaugung) zur Verhinderung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre
- **T2** Überwachung der technischen Lüftung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059
- **T3** Abschalten der Gleichrichter zum Beenden der Wasserstoff- und Sauerstoffentwicklung, wenn die Überwachung der technischen Lüftung die Unwirksamkeit der lufttechnischen Maßnahmen feststellt (Abluftvolumenstrom unter Auslegungswerten), Verknüpfung dieser Maßnahme mit Überwachung der technischen Lüftung über die Steuerung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059
- **T4** Vermeidung und Reduzierung von Zündquellen im Rahmen des Explosionschutzkonzeptes unter Berücksichtigung der Einteilung der explosionsgefährdeten Bereiche in Zonen; alle elektrischen und nichtelektrischen Geräte und Bauteile müssen in Übereinstimmung mit den geforderten Kategorien gestaltet und konstruiert sein, damit jede wirksame Zündquelle vermieden wird.
- **T5** Vermeidung von Zündquellen, z. B. durch das Abschalten des Stroms beim Ein- und Ausfahren der Warenträger in die Prozessbehälter, bei denen sich Wasserstoff unter Schaumbildung entwickelt

- **O1** Erstellung eines Explosionsschutzdokumentes mit Zonenplan für die explosionsgefährdeten Bereiche
- **O2** Prüfung der Galvanikanlage als ortsfeste elektrische Anlage nach DGUV Vorschrift 3 und 4
- **O3** Arbeitstäglische Funktionsprüfung und regelmäßige Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person
- **O4** Thermografische Untersuchungen (Wärmebildkamera)



Mechanische Gefährdungen

- Einzugstellen, Quetsch- und Scherstellen aufgrund von Abwickel- bzw. Aufwickelvorrichtungen an Durchlaufanlagen, Fahrbewegungen von Beschickungseinrichtungen, Warenträgerbewegung, offenen Zahnradantrieben an Trommelanlagen



Schutzmaßnahmen gegen mechanische Gefährdungen

- **T1** Verhinderung des Zugriffs in Gefahrenstellen durch trennende Schutzeinrichtungen und Schutzeinrichtungen mit Annäherungsfunktion, z. B. Lichtvorhang, feste Verdeckungen, Schutzbügel
- **O1** Arbeitstäglische Funktionsprüfung und regelmäßige Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person.



Gefährdungen durch Lärm

- Trommelanlagen
- Trocknen der Bauteile durch Druckluft



Schutzmaßnahmen gegen Lärm

- **T1** Reduzierung der Fallhöhe der Werkstücke (z. B. an Trommelanlagen durch Reduzierung der Fallhöhe zwischen Trommelöffnung und Auffangbehälter bzw. Rutsche)
- **T2** Verwenden von entdröhnten Materialien (Sandwichblechen, Verbundmaterialien) zur Konstruktion von Rutschen, Leitblechen und Auffangbehältern
- **T3** Aufbringen von lärm mindernden Auskleidungen, Matten oder Kunststoffbeschichtungen an Rutschen, Leitblechen und Auffangbehältern
- **P1** Tragen von geeignetem Gehörschutz (z. B. Gehörschutzstöpsel, Bügelgehörschützer, Kapseln, Otoplastiken)



Elektrische Gefährdungen

- Durch elektrischen Schlag bei feuchten und nassen Umgebungsbedingungen (d. h. in feuchten und nassen Räumen) aufgrund von direktem oder indirektem Berühren in Bereichen mit mehr als 30 V Gleichspannung oder 12 V Wechselspannung
- Bei feuchten und nassen Umgebungsbedingungen (d. h. in feuchten und nassen Räumen) ist ein Schutz gegen indirektes und direktes Berühren nicht erforderlich, wenn die Nennspannung des SELV- oder PELV-Systems 30 V Gleichspannung oder 12 V Wechselspannung nicht überschreitet.



Schutzmaßnahmen gegen elektrische Gefährdungen

- **T1** Schutz gegen elektrischen Schlag durch Basisschutz nach VDE 0113-1 (insbesondere Gehäuse, Isolierung)
- **T2** Schutz gegen elektrischen Schlag durch feststehende trennende Schutzeinrichtungen und Verriegelungen der elektrischen Stromversorgung mit beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen oder berührungslos wirkenden Schutzeinrichtungen
- **O1** Die elektrische Ausrüstung ist gegen äußere Einflüsse (z. B. mechanische, thermische, chemische Beanspruchung) zu schützen.
- **O2** Elektrische Einrichtungen dürfen nur von einer Elektrofachkraft oder unter deren Leitung und Aufsicht den elektrotechnischen Regeln entsprechend errichtet, geändert und instandgehalten werden.
- **O3** Regelmäßige, mindestens jährliche Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person



Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

- Von Personen mit aktiven Implantaten (z. B. Herzschrittmacher) durch magnetische Felder besonders in der Nähe von Wechselrichtern/Gleichrichtern und stromführenden Bauteilen (z. B. Schienen)



Schutzmaßnahmen bei Personen mit aktiven Implantaten gegen Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

- **O1** Für die Beschäftigten sind individuelle Lösungen zu erarbeiten:
 - Die Arbeits- und Aufenthaltsbereiche sind entsprechend den Nutzungsmerkmalen der Bereiche und der vorhandenen Quellen festzulegen.
 - Die auftretende Exposition ist durch Berechnung, Messung, Herstellerangaben oder im Vergleich mit ähnlichen EMF-Quellen zu ermitteln.
- **O2** für Besucher und Besucherinnen sowie Fremdpersonal sind auf dem Unternehmensgelände in der Regel organisatorische Schutzmaßnahmen zu treffen.

Nach der DGUV Information 203-043 sind dann folgende Schutzmaßnahmen durchzuführen:

- Erstellung von Betriebsanweisungen

- Kennzeichnung der Bereiche, die von Personen mit Implantaten nicht betreten werden dürfen
- Unterweisung von Beschäftigten und Fremdpersonal
- Information von Besuchern und Besucherinnen



Thermische Gefährdung durch Hitze

Saure Elektrolyte werden in der Regel bei 20 bis 40 °C, alkalische Elektrolyte bei 75 bis 85 °C betrieben, es besteht dann bei den alkalischen Elektrolyten eine Gefährdung durch heiße Oberflächen (Behälterwandung und Rohrleitungen)



Schutzmaßnahmen gegen thermische Gefährdungen

- **T1** Isolierung der Prozessbehälter und Rohrleitungen
- **T2** Trennende Schutzeinrichtungen (z. B. Geländer, oder Bleche und Verkleidungen)



Arbeitsmedizinische Vorsorge

- Angebotsvorsorge (Auslösewert 80 dB(A)) oder Pflichtvorsorge (Auslösewert 85 dB(A)) bei Tätigkeiten mit Lärmexposition (DGUV Empfehlung Lärm)
- Angebotsvorsorge (bei Feuchtarbeit > 2 h) oder Pflichtvorsorge (bei Feuchtarbeit > 4 h) (DGUV Empfehlung Gefährdung der Haut)
- Angebotsvorsorge bei Tätigkeiten mit Exposition gegenüber hautsensibilisierend wirkenden Stoffen (DGUV Empfehlung Gefährdung der Haut)

3.2.10 Phosphatieren

Bei der chemischen Oberflächenbehandlung in Phosphatierlösungen bestehen Haut- und Augenverätzungsgefahren, wenn direkt an manuell bedienten Prozessbehältern gearbeitet wird. Mechanische Gefährdungen bestehen durch Quetsch- und Scherstellen an automatisierten Anlagen durch kraftbetätigte Bewegungen der Beschickungseinrichtungen oder Warenträger.



Rechtliche Grundlagen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- Gefahrstoffverordnung
- Betriebssicherheitsverordnung
- DGUV Vorschrift 52 und 53 „Krane“
- TRGS 401 (Gefährdungen durch Hautkontakt)
- TRGS 402 (Inhalative Exposition)
- TRGS 500 (Schutzmaßnahmen)
- DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“



Weitere Informationen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- DGUV Information 209-009 „Galvanisieren“
- DGUV Information 213-716 „Galvanotechnik und Eloxieren“
- VDE 0113-1:2014-10 „Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen, Teil 1: Allgemeine Anforderungen“
- DIN EN 12599:2013-01 „Prüf- und Messverfahren für die Übergabe raumluftechnischer Anlagen“
- DIN EN 17059:2018 „Galvanik- und Anodisieranlagen – Sicherheitsanforderungen“
- VDI-Richtlinie 2262 Blatt 4: März 2006 „Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz; Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe“
- Leitfaden des ZVO (2016) zur Auslegung von Abluftanlagen an Galvanikanlagen
- Handlungshilfe der BG ETEM „Gefahrstoffe in der Galvanotechnik und Oberflächenveredelung“ (S 015)



Chemische Gefährdungen

- Inhalative Gefährdungen: Geringe Gefährdung durch Einatmung von Phosphorsäuredämpfen
- Dermale Gefährdung: gemäß TRGS 401 mittel bis hoch bei handbeschickten Prozessen; entsprechend dem geringen Automatisierungsgrad durch direkte Berührung des Elektrolyten bzw. Spritzer Reizwirkung und Sensibilisierung der Haut; gering bei handgeführten oder automatischen Beschickungseinrichtungen
- Orale Gefährdungen: bei Nichtbeachtung der Hygienemaßnahmen (Verweis auf TRGS 500); Reizwirkung nach Verschlucken



Schutzmaßnahmen bei chemischen Gefährdungen

Falls der Beurteilungsmaßstab für ortho-Phosphorsäure beim Heißphosphatieren als Schutzziel nicht erreicht wird, muss folgende Schutzmaßnahme zusätzlich angewendet werden:

- **T1** Absaugung am Elektrolyten (z. B. Rand- oder Wandabsaugung)
- **T2** Überwachung der technischen Lüftung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059
- **O1** Regelmäßige Kontrolle und Funktionsprüfung der Absauganlage
- **O2** Regelmäßige Prüfung der Lüftungstechnischen Einrichtung durch eine befähigte Person
- **O3** Regelmäßige Reinigung der Lüftungskanäle und der Umgebung der Prozessbehälter von Anhaftungen oder Verkrustungen durch Nickelsalze
- **P1** Persönliche Schutzausrüstung bei Arbeiten mit dem Elektrolyten, wenn Hautkontakt möglich ist, z. B. bei der Probenahme oder bei der Handgalvanik
Probenahme: Laborkittel und Augenschutz, Chemikalienschutzhandschuhe
Handgalvanik: Augenschutz, bei Bedarf Gesichtsschutz, Chemikalienschutzhandschuhe, chemikalienfeste Arbeitskleidung, Kunststoffschürze, Gummistiefel



Gefährdungen durch Brände und Explosionen

- Brandgefahr durch Kurzschlüsse oder Überlast durch fehlerhafte elektrische Verbindungen



Schutzmaßnahmen gegen Brände und Explosionen

- **O1** Prüfung der Galvanikanlage als ortsfeste elektrische Anlage nach DGUV Vorschrift 3 und 4
- **O2** Thermografische Untersuchungen (Wärmebildkamera)



Mechanische Gefährdungen

- Quetsch- und Scherstellen aufgrund von Beschickungseinrichtungen,



Schutzmaßnahmen gegen mechanische Gefährdungen

- **T1** Verhinderung des Zugriffs in Quetsch- und Scherstellen durch trennende Schutzeinrichtungen und Schutzeinrichtungen mit Annäherungsfunktion, z. B. Schutzbügel
- **O1** Arbeitstäglige Funktionsprüfung und regelmäßige Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person



Gefährdungen durch Lärm

Keine Gefährdung bei kranbedienten oder automatischen Anlagen



Schutzmaßnahmen gegen Lärm

Keine



Elektrische Gefährdungen

Keine



Schutzmaßnahmen gegen elektrische Gefährdungen

Keine



Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

Keine



Schutzmaßnahmen gegen Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

Keine

Abb.15: Phosphatierung



Thermische Gefährdung durch Hitze

- Bei Elektrolyttemperaturen von 20 bis 50 °C (Kaltphosphatieren von Stahl) besteht keine thermische Gefährdung.
- Beim Heißphosphatieren bis 95 °C besteht eine hohe Gefährdung durch Verbrennungen beim möglichen Verspritzen von Elektrolytflüssigkeit und beim Berühren von heißen Oberflächen (Behälterwandung, Rohrleitungen).



Schutzmaßnahmen gegen thermische Gefährdungen

- **T1** Isolierung der Prozessbehälter und Rohrleitungen
- **T2** Trennende Schutzeinrichtungen (z. B. Geländer, oder Bleche und Verkleidungen)
- **T3** Spritzschutz



Arbeitsmedizinische Vorsorge

- Angebotsvorsorge bei Tätigkeiten mit Exposition gegenüber atemwegssensibilisierenden Stoffen (DGUV Empfehlung Tätigkeiten mit Stoffen, die obstruktive Atemwegserkrankungen auslösen können) für exponierte Beschäftigte mit bronchialer Überempfindlichkeit (siehe Kapitel 3.4)
- Angebotsvorsorge (Auslösewert 80 dB(A)) oder Pflichtvorsorge (Auslösewert 85 dB(A)) bei Tätigkeiten mit Lärmexposition (DGUV Empfehlung Lärm)
- Angebotsvorsorge (bei Feuchtarbeit > 2 h) oder Pflichtvorsorge (bei Feuchtarbeit > 4 h) (DGUV Empfehlung Gefährdung der Haut)
- Angebotsvorsorge bei Tätigkeiten mit Exposition gegenüber hautsensibilisierend wirkenden Stoffen (DGUV Empfehlung Gefährdung der Haut)

3.2.11 Eloxieren

Bei der anodischen Oxidation von Aluminium nach dem Schwefelsäureverfahren bestehen inhalative Gefährdungen durch Schwefelsäureaerosole. 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.



Abb. 16: Eloxieren mit Kathodenumhüllung und Push-Pull-System zur Erfassung der Schwefelsäure-Aerosole



Rechtliche Grundlagen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- Gefahrstoffverordnung
- Betriebssicherheitsverordnung
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge
- DGUV Vorschrift 3 und 4 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“
- DGUV Vorschrift 15 und 16 „Elektromagnetische Felder“
- DGUV Vorschrift 52 und 53 „Krane“
- TRGS 401 (Gefährdungen durch Hautkontakt)
- TRGS 402 (Inhalative Exposition)
- TRGS 500 (Schutzmaßnahmen)
- TRGS 722 (Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre)
- DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“
- DGUV Regel 113-001 „Explosionsschutz-Regeln“



Weitere Informationen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- DGUV Information 203-043 „Beeinflussung von Implantaten durch elektromagnetische Felder“
- DGUV Information 209-009 „Galvanisieren“
- DGUV Information 213-716 „Galvanotechnik und Eloxieren“
- Fachbereich AKTUELL FBHM-122 „Hilfestellungen zum Explosionsschutzkonzept und zur Zoneneinteilung für explosionsgefährdete Bereiche verschiedener Verfahren in Galvanik- und Anodisieranlagen“
- VDE 0113-1:2014-10 „Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen, Teil 1: Allgemeine Anforderungen“
- DIN EN 12599:2013-01 „Prüf- und Messverfahren für die Übergabe raumluftechnischer Anlagen“
- DIN EN 17059:2018 „Galvanik- und Anodisieranlagen – Sicherheitsanforderungen“
- VDI-Richtlinie 2262 Blatt 4: März 2006 „Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz; Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe“
- Leitfaden des ZVO (2016) zur Auslegung von Abluftanlagen an Galvanikanlagen
- Handlungshilfe der BG ETEM „Gefahrstoffe in der Galvanotechnik und Oberflächenveredelung“ (S 015)



Chemische Gefährdungen

- Inhalative Gefährdungen: Einatmung von Schwefelsäure-Aerosolen. Wegen der hohen Wasserstoffentwicklung an der Kathode ist die Aerosolbildung verfahrensbedingt sehr hoch; Nickelaerosole beim Kaltverdichten
- Dermale Gefährdung: gemäß TRGS 401 mittel bis hoch bei handbeschickten Prozessen; entsprechend dem geringen Automatisierungsgrad durch direkte Berührung des Elektrolyten bzw. Spritzer Reizwirkung und Sensibilisierung der Haut; gering bei handgeführten oder automatischen Beschickungseinrichtungen
- Orale Gefährdungen: bei Nichtbeachtung der Hygienemaßnahmen (siehe auch TRGS 500)



Schutzmaßnahmen bei chemischen Gefährdungen

Immer anzuwendende Schutzmaßnahmen:

- **T1** Emissionsmindernde Maßnahmen (z. B. der Einsatz von Netzmittel)
- **T2** Absaugung am Elektrolyten (z. B. Rand- oder Wandabsaugung)
- **T3** Überwachung der technischen Lüftung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059

Wird durch diese Maßnahme die Unterschreitung des jeweiligen Beurteilungsmaßstabes als Schutzziel nicht erreicht, müssen folgende Schutzmaßnahmen einzeln oder kombiniert zusätzlich angewendet werden:

- **T4** Einsatz der Kathodenumhüllung (siehe DGUV Information 213-716)
- **T5** Geschlossene Anlage mit Absaugung
- **T6** Lüftungskabine am Beschickungswagen
- **T7** Abdeckung der Elektrolytbehälter
- **T8** Raumluftechnische Anlage
- **T9** Festverlegte Rohrleitungen zu den Prozessbehältern
- **O1** Regelmäßige Kontrolle und Funktionsprüfung der Absauganlage
- **O2** Regelmäßige Prüfung der Lüftungstechnischen Einrichtung durch eine befähigte Person
- **O3** Regelmäßige Reinigung der Lüftungskanäle
- **P1** Persönliche Schutzausrüstung bei Arbeiten mit Schwefelsäure, wenn Hautkontakt möglich, z. B. bei der Probenahme oder bei der Handgalvanik
Probenahme: Laborkittel und Augenschutz, Chemikalienschutzhandschuhe
Handgalvanik: Augenschutz, bei Bedarf Gesichtsschutz, Chemikalienschutzhandschuhe, chemikalienfeste Arbeitskleidung, Kunststoffschürze, Gummistiefel



Gefährdungen durch Brände und Explosionen

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



Schutzmaßnahmen gegen Brände und Explosionen

- **T1** Wirksame lufttechnische Maßnahmen (Absaugung) zur Verhinderung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre
- **T2** Überwachung der technischen Lüftung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059
- **T3** Abschalten der Gleichrichter zum Beenden der Wasserstoff- und Sauerstoffentwicklung, wenn die Überwachung der technischen Lüftung die Unwirksamkeit der lufttechnischen Maßnahmen feststellt (Abluftvolumenstrom unter Auslegungswerten), Verknüpfung dieser Maßnahme mit Überwachung der technischen Lüftung über die Steuerung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059
- **T4** Vermeidung und Reduzierung von Zündquellen im Rahmen des Explosionsschutzkonzeptes unter Berücksichtigung der Einteilung der explosionsgefährdeten Bereiche in Zonen; alle elektrischen und nichtelektrischen Geräte und Bauteile müssen in Übereinstimmung mit den geforderten Kategorien gestaltet und konstruiert sein, damit jede wirksame Zündquelle vermieden wird.
- **T5** Vermeidung von Zündquellen, z. B. durch das Abschalten des Stroms beim Ein- und Ausfahren der Warenträger in die Prozessbehälter, bei denen sich Wasserstoff unter Schaumbildung entwickelt
- **O1** Erstellung eines Explosionsschutzdokumentes mit Zonenplan für die explosionsgefährdeten Bereiche
- **O2** Prüfung der Galvanikanlage als ortsfeste elektrische Anlage nach DGUV Vorschrift 3 und 4

- **O3** Arbeitstägliche Funktionsprüfung und regelmäßige Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person
- **O4** Thermografische Untersuchungen (Wärmebildkamera)



Mechanische Gefährdungen

- Quetsch- und Scherstellen aufgrund von Beschickungseinrichtungen



Schutzmaßnahmen gegen mechanische Gefährdungen

- **T1** Verhinderung des Zugriffs in Quetsch- und Scherstellen durch trennende Schutzeinrichtungen und Schutzeinrichtungen mit Annäherungsfunktion, z. B. Schutzbügel
- **O1** Arbeitstägliche Funktionsprüfung und regelmäßige Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person



Gefährdungen durch Lärm

- Verfahrensbedingt keine besonderen Gefährdungen



Schutzmaßnahmen gegen Lärm

Keine



Elektrische Gefährdungen

- Durch elektrischen Schlag bei feuchten und nassen Umgebungsbedingungen (d. h. in feuchten und nassen Räumen) aufgrund von direktem oder indirektem Berühren in Bereichen mit mehr als 30 V Gleichspannung oder 12 V Wechselspannung
- Bei feuchten und nassen Umgebungsbedingungen (d. h. in feuchten und nassen Räumen) ist ein Schutz gegen indirektes und direktes Berühren nicht erforderlich, wenn die Nennspannung des SELV- oder PELV-Systems 30 V Gleichspannung oder 12 V Wechselspannung nicht überschreitet.



Schutzmaßnahmen gegen elektrische Gefährdungen

- **T1** Schutz gegen elektrischen Schlag durch Basisschutz nach VDE 0113-1 (insbesondere Gehäuse, Isolierung)
- **T2** Schutz gegen elektrischen Schlag durch feststehende trennende Schutzeinrichtungen und Verriegelungen der elektrischen Stromversorgung mit beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen oder berührungslos wirkenden Schutzeinrichtungen

- **O1** Die elektrische Ausrüstung ist gegen äußere Einflüsse (z. B. mechanische, thermische, chemische Beanspruchung) zu schützen.
- **O2** Elektrische Einrichtungen dürfen nur von einer Elektrofachkraft oder unter deren Leitung und Aufsicht den elektrotechnischen Regeln entsprechend errichtet, geändert und instandgehalten werden.
- **O3** Regelmäßige, mindestens jährliche Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person



Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

- Von Personen mit aktiven Implantaten (z. B. Herzschrittmacher) durch magnetische Felder besonders in der Nähe von Wechselrichtern/Gleichrichtern und stromführenden Bauteilen (z. B. Schienen)
- Aller Beschäftigten aufgrund der sehr hohen Stromdichten und Sollstromstärken durch magnetische Felder, insbesondere in der Nähe von Gleichrichtern und stromführenden Bauteilen (z. B. Schienen)
- Aller Beschäftigten aufgrund der Kraftwirkung auf magnetische Bauteile durch statische Magnetfelder



Schutzmaßnahmen bei Personen mit aktiven Implantaten gegen Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

- **O1** Für die Beschäftigten sind individuelle Lösungen zu erarbeiten:
 - Die Arbeits- und Aufenthaltsbereiche sind entsprechend den Nutzungsmerkmalen der Bereiche und der vorhandenen Quellen festzulegen.
 - Die auftretende Exposition ist durch Berechnung, Messung, Herstellerangaben oder im Vergleich mit ähnlichen EMF-Quellen zu ermitteln.
- **O2** für Besucher und Besucherinnen sowie Fremdpersonal sind auf dem Unternehmensgelände in der Regel organisatorische Schutzmaßnahmen zu treffen.

Nach der DGUV Information 203-043 sind dann folgende Schutzmaßnahmen durchzuführen:

- Erstellung von Betriebsanweisungen
- Kennzeichnung der Bereiche, die von Personen mit Implantaten nicht betreten werden dürfen
- Unterweisung von Beschäftigten und Fremdpersonal
- Information von Besuchern und Besucherinnen



Schutzmaßnahmen bei allen Beschäftigten gegen Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

- **O1** Die Expositionsbereiche sind entsprechend den Nutzungsmerkmalen der Bereiche und der vorhandenen Quellen festzulegen.
- **O2** Die auftretende Exposition ist durch Berechnung, Messung, Herstellerangaben oder im Vergleich mit ähnlichen EMF-Quellen zu ermitteln.
- **O3** Die Beurteilung einer Exposition ist durch den Vergleich mit den zulässigen Werten der Anlage 1 der DGUV Vorschrift 15 und 16 vorzunehmen.

Nach der DGUV Vorschrift 15 und 16 sind dann in Abhängigkeit vom festgelegten Expositionsbereich folgende Schutzmaßnahmen durchzuführen:

- **Expositionsbereich 1**
 - Erstellung von Betriebsanweisungen
 - Unterweisung
 - Zugangsverbot nur für Personen mit passiven Implantaten aus ferromagnetischen Materialien (Kennzeichnung)
- **Bereich erhöhter Exposition**
 - Erstellung von Betriebsanweisungen
 - Unterweisung
 - Kennzeichnung
 - Begrenzung der Aufenthaltsdauer
 - Zugangsregelungen
 - Sicherheitsabstand
 - Zugangsverbot für Personen mit passiven Implantaten (Kennzeichnung)



Thermische Gefährdung durch Hitze oder Kälte

Die Elektrolyttemperatur des Schwefelsäureelektrolyten beträgt bis 22 °C betragen, hier besteht keine thermische Gefährdung. Beim Hartanodisieren sind Temperaturen um 0 °C bis -10 °C erforderlich, es besteht eine Gefährdung durch kalte Oberflächen.

Im nachgeschalteten Verdichtungsprozess (Dampf- oder Heißwasserverdichtung) mit kochendem Wasser (mind. 98 °C) besteht eine hohe Gefährdung durch Verbrennungen beim möglichen Verspritzen und an heißen Oberflächen (Behälterwandung, Rohrleitungen).



Schutzmaßnahmen gegen thermische Gefährdungen

- **T1** Isolierung der Prozessbehälter und Rohrleitungen
- **T2** Trennende Schutzeinrichtungen (z. B. Geländer, oder Bleche und Verkleidungen)
- **T3** Spritzschutz



Arbeitsmedizinische Vorsorge

- Angebotsvorsorge bei Tätigkeiten mit Exposition gegenüber atemwegssensibilisierend wirkenden Stoffen (DGUV Empfehlung Tätigkeiten mit Stoffen, die obstruktive Atemwegserkrankungen auslösen können) für exponierte Beschäftigte mit bronchialer Überempfindlichkeit (siehe Kapitel 3.4)
- Angebotsvorsorge (bei Feuchtarbeit > 2 h) oder Pflichtvorsorge (bei Feuchtarbeit > 4h) (DGUV Empfehlung Gefährdung der Haut)
- Angebotsvorsorge bei Tätigkeiten mit Exposition gegenüber hautsensibilisierend wirkenden Stoffen (DGUV Empfehlung Gefährdung der Haut)

3.3 Gefahren und Maßnahmen bei Nachbehandlungsverfahren

3.3.1 Passivieren/Chromatieren

Beim Chromatieren bestehen inhalative und dermale Gefährdungen bei direktem Kontakt mit dem Chrom(VI)-Elektrolyten, z. B. bei manuell bedienten Prozessen oder handbedienten Krananlagen. Mechanische Gefährdungen bestehen durch Quetsch- und Scherstellen an automatisierten Anlagen durch kraftbetätigte Bewegungen der Beschickungseinrichtungen oder Warenträger bzw. Trommelanlagen.

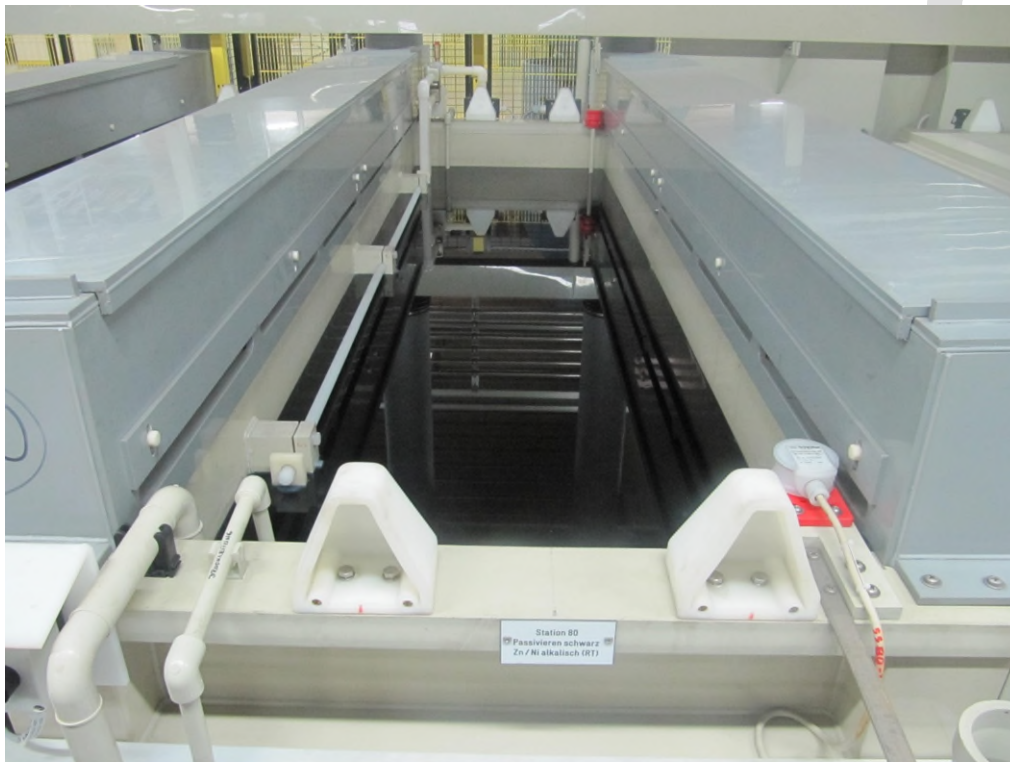


Abb. 17: Schwarz-Passivierung mit Chrom(III)-Elektrolyten



Rechtliche Grundlagen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- Gefahrstoffverordnung
- Betriebssicherheitsverordnung
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge
- TRGS 401 (Gefährdungen durch Hautkontakt)
- TRGS 402 (Inhalative Exposition)
- TRGS 500 (Schutzmaßnahmen)
- TRGS 561 (Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen und Verbindungen)
- TRGS 722 (Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre)
- DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“



Weitere Informationen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- DGUV Information 209-009 „Galvanisieren“
- DGUV Information 213-716 „Galvanotechnik und Eloxieren“
- VDE 0113-1:2014-10 „Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen, Teil 1: Allgemeine Anforderungen“
- DIN EN 12599:2013-01 „Prüf- und Messverfahren für die Übergabe raumluftechnischer Anlagen“
- DIN EN 17059:2018 „Galvanik- und Anodisieranlagen – Sicherheitsanforderungen“
- VDI-Richtlinie 2262 Blatt 4: März 2006 „Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz; Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe“
- Leitfaden des ZVO (2016) zur Auslegung von Abluftanlagen an Galvanikanlagen
- Handlungshilfe der BG ETEM „Gefahrstoffe in der Galvanotechnik und Oberflächenveredelung“ (S 015)



Chemische Gefährdungen

- Inhalative Gefährdungen: Geringe Gefährdung durch Einatmung von Cr(VI)-haltigen Aerosolen oder Cobalt-Aerosolen aus Passivierungen sowie Säuredämpfen. Wegen des außenstromlosen Verfahrens wird kein Wasserstoff entwickelt, und es kommt zu keiner nennenswerten Aerosolbildung. Bei Chromatierungen mit Salpetersäure können relevante Stickoxidkonzentrationen (NO, NO₂) in der Luft am Arbeitsplatz entstehen.
- Dermale Gefährdung: gemäß TRGS 401 mittel bis hoch bei handbeschickten und kranbedienten Prozessen; entsprechend dem geringen Automatisierungsgrad durch direkte Berührung des Elektrolyten bzw. Spritzer (Chromsäure, Salpetersäure oder Salzsäure) Reizwirkung und Sensibilisierung der Haut; gering bei handgeführten oder automatischen Beschickungseinrichtungen
- Orale Gefährdungen: bei Nichtbeachtung der Hygienemaßnahmen (Verweis auf TRGS 500)



Schutzmaßnahmen bei chemischen Gefährdungen

Immer anzuwendende Schutzmaßnahmen:

- **T1** Emissionsmindernde Maßnahmen (z. B. der Einsatz von Netzmittel)
- **T2** Absaugung am Elektrolyten (z. B. Rand- oder Wandabsaugung)
- **T3** Überwachung der technischen Lüftung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059

Wird durch diese Maßnahme die Unterschreitung des jeweiligen Beurteilungsmaßstabes als Schutzziel nicht erreicht, müssen folgende Schutzmaßnahmen einzeln oder kombiniert zusätzlich angewendet werden:

- **T4** Ersatz der Salpetersäure im Elektrolyten gegen Salzsäure
- **T5** Geschlossene Anlage mit Absaugung

- **T6** Lüftungskabine am Beschickungswagen
- **T7** Abdeckung der Elektrolytbehälter
- **T8** Raumluftechnische Anlage
- **T9** Festverlegte Rohrleitungen zu den Verchromungsanlagen
- **T10** Beschickungsanlage mit Aushängesicherung und Tropfschutz
- **O1** Regelmäßige Kontrolle und Funktionsprüfung der Absauganlage
- **O2** Regelmäßige Prüfung der Lüftungstechnischen Einrichtung durch eine befähigte Person
- **O3** Regelmäßige Reinigung der Lüftungskanäle und der Umgebung der Verchromungs-Prozessbehälter von Chromsäureanhaftungen oder Verkrustungen
- **P1** Persönliche Schutzausrüstung bei Arbeiten mit Chromsäure, wenn Hautkontakt möglich, z. B. bei der Probenahme oder bei der Handgalvanik
Probenahme: Laborkittel und Augenschutz, Chemikalienschutzhandschuhe
Handgalvanik: Augenschutz, bei Bedarf Gesichtsschutz, Chemikalienschutzhandschuhe, chemikalienfeste Arbeitskleidung, Kunststoffschürze, Gummistiefel

Der Beurteilungsmaßstab von Chrom VI wird erfahrungsgemäß unterschritten bei:

T11 Geschlossene Verchromungsanlagen mit einer mechanischen Prozessbehälterabdeckung und Absaugung. Zusätzlich eine raumluftechnische Anlage (Wirksamkeit nachgewiesen z. B. nach DIN EN 12599).

oder

- **T12** Quasi-geschlossene Anlage: Prozessbehälter mit mechanischer Prozessbehälterabdeckung und abgesaugter Transportwagen

in Verbindung mit

- **O1** Regelmäßige Kontrolle und Funktionsprüfung der Absauganlage
- **O2** Regelmäßige Prüfung der Lüftungstechnischen Einrichtung durch eine befähigte Person
- **O3** Regelmäßige Reinigung der Lüftungskanäle und der Umgebung der Verchromungs-Prozessbehälter von Chromsäureanhaftungen oder Verkrustungen
- **P1** Persönliche Schutzausrüstung bei Arbeiten mit Chromsäure, wenn Hautkontakt möglich, z. B. bei der Probenahme oder bei der Handgalvanik
Probenahme: Laborkittel und Augenschutz, Chemikalienschutzhandschuhe
Handgalvanik: Augenschutz, bei Bedarf Gesichtsschutz, Chemikalienschutzhandschuhe, chemikalienfeste Arbeitskleidung, Kunststoffschürze, Gummistiefel



Gefährdungen durch Brände und Explosionen

- Brandgefahr durch Kurzschlüsse oder Überlast durch fehlerhafte elektrische Verbindungen



Schutzmaßnahmen gegen Brände und Explosionen

- **O1** Prüfung der Galvanikanlage als ortsfeste elektrische Anlage nach DGUV Vorschrift 3 und 4

- **02** Thermografische Untersuchungen (Wärmebildkamera)



Mechanische Gefährdungen

- Quetsch- und Scherstellen aufgrund von Beschickungseinrichtungen, Warenträgerbewegung, an offenen Zahnradantrieben (Trommelanlagen)



Schutzmaßnahmen gegen mechanische Gefährdungen

- **T1** Verhinderung des Zugriffs in Quetsch- und Scherstellen durch trennende Schutzeinrichtungen und Schutzeinrichtungen mit Annäherungsfunktion, z. B. Schutzbügel
- **O1** Arbeitstägliche Funktionsprüfung und regelmäßige Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person



Gefährdungen durch Lärm

- Trommelanlagen



Schutzmaßnahmen gegen Lärm

- **T1** Reduzierung der Fallhöhe der Werkstücke (z. B. an Trommelanlagen durch Reduzierung der Fallhöhe zwischen Trommelöffnung und Auffangbehälter bzw. Rutsche)
- **T2** Verwenden von entdröhnten Materialien (Sandwichblechen, Verbundmaterialien) zur Konstruktion von Rutschen, Leitblechen und Auffangbehältern
- **T3** Aufbringen von lärmindernden Auskleidungen, Matten oder Kunststoffbeschichtungen an Rutschen, Leitblechen und Auffangbehältern
- **P1** Tragen von geeignetem Gehörschutz (z. B. Gehörschutzstöpsel, Bügelgehörschützer, Kapseln, Otoplastiken)



Elektrische Gefährdungen

- Durch elektrischen Schlag bei feuchten und nassen Umgebungsbedingungen (d. h. in feuchten und nassen Räumen) aufgrund von direktem oder indirektem Berühren in Bereichen mit mehr als 30 V Gleichspannung oder 12 V Wechselspannung
- Bei feuchten und nassen Umgebungsbedingungen (d. h. in feuchten und nassen Räumen) ist ein Schutz gegen indirektes und direktes Berühren nicht erforderlich, wenn die Nennspannung des SELV- oder PELV-Systems 30 V Gleichspannung oder 12 V Wechselspannung nicht überschreitet.



Schutzmaßnahmen gegen elektrische Gefährdungen

- **T1** Schutz gegen elektrischen Schlag durch Basisschutz nach VDE 0113-1 (insbesondere Gehäuse, Isolierung)
- **T2** Schutz gegen elektrischen Schlag durch feststehende trennende Schutzeinrichtungen und Verriegelungen der elektrischen Stromversorgung mit beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen oder berührungslos wirkenden Schutzeinrichtungen
- **O1** Die elektrische Ausrüstung ist gegen äußere Einflüsse (z. B. mechanische, thermische, chemische Beanspruchung) zu schützen.
- **O2** Elektrische Einrichtungen dürfen nur von einer Elektrofachkraft oder unter deren Leitung und Aufsicht den elektrotechnischen Regeln entsprechend errichtet, geändert und instandgehalten werden.
- **O3** Regelmäßige, mindestens jährliche Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person



Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

Keine



Schutzmaßnahmen gegen Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

Keine



Thermische Gefährdung durch Hitze

- Die Elektrolyttemperatur beträgt um 20 °C, es besteht keine thermische Gefährdung



Schutzmaßnahmen gegen thermische Gefährdungen

Keine besonderen Maßnahmen



Arbeitsmedizinische Vorsorge

- Pflichtvorsorge für gegenüber Chrom(VI)-Verbindungen exponierte Beschäftigte
- Angebotsvorsorge bei Tätigkeiten mit Exposition gegenüber atemwegssensibilisierend wirkenden Stoffen (DGUV Empfehlung Tätigkeiten mit Stoffen, die obstruktive Atemwegserkrankungen auslösen können) für exponierte Beschäftigte mit bronchialer Überempfindlichkeit (siehe Kapitel 3.4)
- Angebotsvorsorge (Auslösewert 80 dB(A)) oder Pflichtvorsorge (Auslösewert 85 dB(A)) bei Tätigkeiten mit Lärmexposition (DGUV Empfehlung Lärm)
- Angebotsvorsorge (bei Feuchtarbeit > 2 h) oder Pflichtvorsorge (bei Feuchtarbeit > 4h) (DGUV Empfehlung Gefährdung der Haut)

- Angebotsvorsorge bei Tätigkeiten mit Exposition gegenüber hautsensibilisierend wirkenden Stoffen (DGUV Empfehlung Gefährdung der Haut)

Entwurf

3.3.2 Entmetallisieren (Entchromen)

Je nach eingesetztem Gefahrstoff, Verfahren, chemischer oder galvanischer Entmetallisierung bestehen unterschiedliche inhalative und dermale Gefährdungen. Nachteilig ist die Entwicklung von gefährlichen Gasen und Dämpfen, zum Beispiel giftige Nitrose Gase beim Einsatz von Salpetersäure. Bei den überwiegend manuell bedienten Prozessen besteht eine besondere Kontaktmöglichkeit zu ätzenden Entmetallisierlösungen.



Abb. 18: Eingehauste Anlage zum Entmetallisieren



Rechtliche Grundlagen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- Gefahrstoffverordnung
- Betriebssicherheitsverordnung
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge
- DGUV Vorschrift 3 und 4 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“
- DGUV Vorschrift 15 und 16 „Elektromagnetische Felder“
- DGUV Vorschrift 52 und 53 „Krane“
- TRGS 401 (Gefährdungen durch Hautkontakt)
- TRGS 402 (Inhalative Exposition)
- TRGS 500 (Schutzmaßnahmen)
- TRGS 561 (Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen und Verbindungen)
- TRGS 722 (Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre)
- DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“
- DGUV Regel 113-001 „Explosionsschutz-Regeln“



Weitere Informationen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- DGUV Information 203-043 „Beeinflussung von Implantaten durch elektromagnetische Felder“
- DGUV Information 209-009 „Galvanisieren“
- DGUV Information 213-716 „Galvanotechnik und Eloxieren“
- Fachbereich AKTUELL FBHM-122 „Hilfestellungen zum Explosionsschutzkonzept und zur Zoneinteilung für explosionsgefährdete Bereiche verschiedener Verfahren in Galvanik- und Anodisieranlagen“
- VDE 0113-1:2014-10 „Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen, Teil 1: Allgemeine Anforderungen“
- DIN EN 12599:2013-01 „Prüf- und Messverfahren für die Übergabe raumluftechnischer Anlagen“
- DIN EN 17059:2018 „Galvanik- und Anodisieranlagen – Sicherheitsanforderungen“
- VDI-Richtlinie 2262 Blatt 4: März 2006 Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz; Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe
- Leitfaden des ZVO (2016) zur Auslegung von Abluftanlagen an Galvanikanlagen
- Handlungshilfe der BG ETEM „Gefahrstoffe in der Galvanotechnik und Oberflächenveredelung“ (S 015)



Chemische Gefährdungen

- Inhalative Gefährdungen: Einatmung von Säuredämpfen und ggf. Stickstoffoxiden, je nach Entmetallisieren auch Nickelaerosole, Chrom(VI)-Aerosole, Cyanwasserstoff und Cyanide. Es besteht eine hohe Gefährdung bei manuellen Prozessen.
- Dermale Gefährdung: gemäß TRGS 401 mittel bis hoch bei handbeschickten und kranbedienten Prozessen; entsprechend dem geringen Automatisierungsgrad durch direkte Berührung des Elektrolyten bzw. Spritzer (Salpetersäure, Schwefelsäure) Reizwirkung und Sensibilisierung der Haut; gering bei handgeführten oder automatischen Beschickungseinrichtungen
- Orale Gefährdungen: bei Nichtbeachtung der Hygienemaßnahmen (Verweis auf TRGS 500), akute Vergiftung bei Nichtbeachtung der Hygienemaßnahmen (cyanidische Elektrolyte)



Schutzmaßnahmen bei chemischen Gefährdungen

Immer anzuwendende Schutzmaßnahmen:

- **T1** Absaugung am Elektrolyten (z. B. Rand- oder Wandabsaugung)
- **T2** Überwachung der technischen Lüftung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059

Durch diese Maßnahme werden in der Regel die jeweiligen Beurteilungsmaßstäbe (siehe Abschnitt 4.4) eingehalten.

Wird durch diese Maßnahme die Unterschreitung des jeweiligen Beurteilungsmaßstabes als Schutzziel nicht erreicht, müssen folgende Schutzmaßnahmen einzeln oder kombiniert zusätzlich angewendet werden:

- **T3** Geschlossene Anlage mit Absaugung
- **T4** Raumluftechnische Anlage
- **O1** Regelmäßige Kontrolle und Funktionsprüfung der Absauganlage
- **O2** Regelmäßige Prüfung der Lüftungstechnischen Einrichtung durch eine befähigte Person
- **O3** Regelmäßige Reinigung der Lüftungskanäle und der Umgebung der Prozessbehälter von Chromsäureanhaftungen oder Verkrustungen
- **P1** Persönliche Schutzausrüstung bei Arbeiten mit Säure und Cyaniden
Manuell bediente Anlagen: Augenschutz, bei Bedarf Gesichtsschutz
Chemikalienschutzhandschuhe, chemikalienfeste Arbeitskleidung, Kunststoffschürze, Gummistiefel, ggf. Atemschutz



Gefährdungen durch Brände und Explosionen

- Brandgefahr durch Kurzschlüsse oder Überlast durch fehlerhafte elektrische Verbindungen
- Je nach Entmetallisierung Brand- und Explosionsgefahr aufgrund von Wasserstoffentwicklung



Schutzmaßnahmen gegen Brände und Explosionen

- **T1** Wirksame lufttechnische Maßnahmen (Absaugung) zur Verhinderung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre
- **T2** Überwachung der technischen Lüftung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059
- **T3** Abschalten der Gleichrichter zum Beenden der Wasserstoff- und Sauerstoffentwicklung, wenn die Überwachung der technischen Lüftung die Unwirksamkeit der lufttechnischen Maßnahmen feststellt (Abluftvolumenstrom unter Auslegungswerten), Verknüpfung dieser Maßnahme mit Überwachung der technischen Lüftung über die Steuerung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059
- **T4** Vermeidung und Reduzierung von Zündquellen im Rahmen des Explosionsschutzkonzeptes unter Berücksichtigung der Einteilung der explosionsgefährdeten Bereiche in Zonen; alle elektrischen und nichtelektrischen Geräte und Bauteile müssen in Übereinstimmung mit den geforderten Kategorien gestaltet und konstruiert sein, damit jede wirksame Zündquelle vermieden wird.
- **T5** Vermeidung von Zündquellen, z. B. durch das Abschalten des Stroms beim Ein- und Ausfahren der Warenträger in die Prozessbehälter, bei denen sich Wasserstoff unter Schaumbildung entwickelt
- **O1** Erstellung eines Explosionsschutzdokumentes mit Zonenplan für die explosionsgefährdeten Bereiche
- **O2** Prüfung der Galvanikanlage als ortsfeste elektrische Anlage nach DGUV Vorschrift 3 und 4

- **O3** Arbeitstäglische Funktionsprüfung und regelmäßige Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person
- **O4** Thermografische Untersuchungen (Wärmebildkamera)



Mechanische Gefährdungen

- Quetsch- und Scherstellen aufgrund von Beschickungseinrichtungen, Warenträgerbewegung, an offenen Zahnradantrieben (Trommelanlagen)



Schutzmaßnahmen gegen mechanische Gefährdungen

- **T1** Verhinderung des Zugriffs in Quetsch- und Scherstellen durch trennende Schutzeinrichtungen und Schutzeinrichtungen mit Annäherungsfunktion, z. B. Schutzbügel
- **O1** Arbeitstäglische Funktionsprüfung und regelmäßige Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person



Gefährdungen durch Lärm

- Trommelanlagen



Schutzmaßnahmen gegen Lärm

- **T1** Reduzierung der Fallhöhe der Werkstücke (z. B. an Trommelanlagen durch Reduzierung der Fallhöhe zwischen Trommelöffnung und Auffangbehälter bzw. Rutsche)
- **T2** Verwenden von entdröhnten Materialien (Sandwichblechen, Verbundmaterialien) zur Konstruktion von Rutschen, Leitblechen und Auffangbehältern
- **T3** Aufbringen von lärmindernden Auskleidungen, Matten oder Kunststoffbeschichtungen an Rutschen, Leitblechen und Auffangbehältern
- **P1** Tragen von geeignetem Gehörschutz (z. B. Gehörschutzstöpsel, Bügelgehörschützer, Kapseln, Otoplastiken)



Elektrische Gefährdungen

- Durch elektrischen Schlag bei feuchten und nassen Umgebungsbedingungen (d. h. in feuchten und nassen Räumen) aufgrund von direktem oder indirektem Berühren in Bereichen mit mehr als 30 V Gleichspannung oder 12 V Wechselspannung
- Bei feuchten und nassen Umgebungsbedingungen (d. h. in feuchten und nassen Räumen) ist ein Schutz gegen indirektes und direktes Berühren nicht erforderlich, wenn die Nennspannung des SELV- oder PELV-Systems 30 V Gleichspannung oder 12 V Wechselspannung nicht überschreitet.



Schutzmaßnahmen gegen elektrische Gefährdungen

- **T1** Schutz gegen elektrischen Schlag durch Basisschutz nach VDE 0113-1 (insbesondere Gehäuse, Isolierung)
- **T2** Schutz gegen elektrischen Schlag durch feststehende trennende Schutzeinrichtungen und Verriegelungen der elektrischen Stromversorgung mit beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen oder berührungslos wirkenden Schutzeinrichtungen
- **O1** Die elektrische Ausrüstung ist gegen äußere Einflüsse (z. B. mechanische, thermische, chemische Beanspruchung) zu schützen.
- **O2** Elektrische Einrichtungen dürfen nur von einer Elektrofachkraft oder unter deren Leitung und Aufsicht den elektrotechnischen Regeln entsprechend errichtet, geändert und instandgehalten werden.
- **O3** Regelmäßige, mindestens jährliche Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person



Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

- Von Personen mit aktiven Implantaten (z. B. Herzschrittmacher) durch magnetische Felder besonders in der Nähe von Wechselrichtern/Gleichrichtern und stromführenden Bauteilen (z. B. Schienen)



Schutzmaßnahmen bei Personen mit aktiven Implantaten gegen Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

- **O1** Für die Beschäftigten sind individuelle Lösungen zu erarbeiten:
 - Die Arbeits- und Aufenthaltsbereiche sind entsprechend den Nutzungsmerkmalen der Bereiche und der vorhandenen Quellen festzulegen.
 - Die auftretende Exposition ist durch Berechnung, Messung, Herstellerangaben oder im Vergleich mit ähnlichen EMF-Quellen zu ermitteln.
- **O2** für Besucher und Besucherinnen sowie Fremdpersonal sind auf dem Unternehmensgelände in der Regel organisatorische Schutzmaßnahmen zu treffen.

Nach der DGUV Information 203-043 sind dann folgende Schutzmaßnahmen durchzuführen:

- Erstellung von Betriebsanweisungen
- Kennzeichnung der Bereiche, die von Personen mit Implantaten nicht betreten werden dürfen
- Unterweisung von Beschäftigten und Fremdpersonal
- Information von Besuchern und Besucherinnen



Thermische Gefährdung durch Hitze

- Je nach Entmetallisierung kann die Arbeitstemperatur bis zu 80 °C betragen. Es besteht dann eine hohe Gefährdung durch Verbrennungen aufgrund von Spritzern und heißen Oberflächen (Behälterwandung und Rohrleitungen).



Schutzmaßnahmen gegen thermische Gefährdungen

- **T1** Isolierung der Prozessbehälter
- **T2** Trennende Schutzeinrichtungen (z. B. Geländer)
- **T3** Spritzschutz



Arbeitsmedizinische Vorsorge

- Entmetallisierung Chrom oder Nickel: Pflichtvorsorge für gegenüber Chrom(VI)-Verbindungen und Nickel und Nickel-Verbindungen exponierte Beschäftigte (DGUV Empfehlung Chrom VI Verbindungen, DGUV Empfehlung Nickel und seine Verbindungen)
- Angebotsvorsorge bei Tätigkeiten mit Exposition gegenüber atemwegssensibilisierend wirkenden Stoffen (DGUV Empfehlung Tätigkeiten mit Stoffen, die obstruktive Atemwegserkrankungen auslösen können) für exponierte Beschäftigte mit bronchialer Überempfindlichkeit (siehe Kapitel 3.4)
- Angebotsvorsorge (Auslösewert 80 dB(A)) oder Pflichtvorsorge (Auslösewert 85 dB(A)) bei Tätigkeiten mit Lärmexposition (DGUV Empfehlung Lärm)
- Angebotsvorsorge (bei Feuchtarbeit > 2 h) oder Pflichtvorsorge (bei Feuchtarbeit > 4h) (DGUV Empfehlung Gefährdung der Haut)
- Angebotsvorsorge bei Tätigkeiten mit Exposition gegenüber hautsensibilisierend wirkenden Stoffen (DGUV Empfehlung Gefährdung der Haut)
- Angebots- oder Pflichtvorsorge bei Tätigkeiten mit Exposition, die das Tragen von Atemschutzgeräten erfordern (DGUV Empfehlung Atemschutzgeräte Vorsorge)

3.4 Tätigkeiten mit Gefahrstoffen

In der Galvanik werden Tätigkeiten mit einer Vielzahl von Gefahrstoffen durchgeführt. Hierbei sind nachfolgende Anforderungen umzusetzen.



Abb. 19: Erste Hilfe-Einrichtungen – Notdusche und Augendusche deutlich gekennzeichnet



Rechtliche Grundlagen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- Gefahrstoffverordnung
- TRBA/TRGS 406 Sensibilisierende Stoffe für die Atemwege
- TRGS 400 Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen
- TRGS 401 Gefährdung durch Hautkontakt – Ermittlung, Beurteilung, Maßnahmen
- TRGS 402 Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition
- TRGS 410 Expositionsverzeichnis bei Gefährdung gegenüber krebserzeugenden oder keimzellmutagenen Gefahrstoffen der Kategorien 1A oder 1B
- TRGS 500 Schutzmaßnahmen
- TRGS 555 Betriebsanweisung und Information der Beschäftigten
- TRGS 561 Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen und ihren Verbindungen
- TRGS 600 Substitution
- TRGS 900 Arbeitsplatzgrenzwerte

- TRGS 905 Verzeichnis krebserzeugender, keimzellmutagener oder reproduktionstoxischer Stoffe
- TRGS 910 Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen
- DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“
- DGUV Regel 112-189 und 112-989 „Benutzung von Schutzkleidung“
- DGUV Regel 112-190 „Benutzung von Atemschutzgeräten“
- DGUV Regel 112-192 und 112-992 „Benutzung von Augen- und Gesichtsschutz“
- DGUV Regel 112-195 und 112-995 „Benutzung von Schutzhandschuhen“



Weitere Informationen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- DGUV Information 204-006 „Anleitung zur Ersten Hilfe“
- DGUV Information 204-022 „Erste Hilfe im Betrieb“
- DGUV Information 209-009 „Galvanisieren“
- DGUV Information 213-716 „Galvanotechnik und Eloxieren“
- Fachbereich AKTUELL FBHM-122 „Hilfestellungen zum Explosionsschutzkonzept und zur Zoneneinteilung für explosionsgefährdete Bereiche verschiedener Verfahren in Galvanik- und Anodisieranlagen“
- DIN EN 17059:2018 „Galvanik- und Anodisieranlagen – Sicherheitsanforderungen“
- VDI-Richtlinie 2262 Blatt 4: März 2006 „Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz; Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe“
- Leitfaden des ZVO (2016) zur Auslegung von Abluftanlagen an Galvanikanlagen
- Handlungshilfe der BG ETEM „Gefahrstoffe in der Galvanotechnik und Oberflächenveredelung „(S 015)“



Gefährdungsbeurteilung

Bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen muss das Ausmaß der Gefährdungen durch Einatmen, durch Hautkontakt, durch Verschlucken sowie der physikalisch-chemischen Gefährdungen fachkundig ermittelt und beurteilt werden, um die erforderlichen Schutzmaßnahmen ableiten zu können.

Gefährdungen durch Einatmen sind möglich, wenn der Gefahrstoff ein hohes Freisetzungsverhalten besitzt (Dampfdruck > 50 hPa bei Raumtemperatur) oder versprüht, aufgeheizt oder durch eine Wasserstoffentwicklung aus dem Prozessbehälter ausgetragen wird.

Gefährdungen der Haut treten bei Feuchtarbeit, Tätigkeiten mit hautgefährdenden oder hautresorptiven Stoffen auf.

Eine Gefährdung durch Verschlucken tritt z. B. dann auf, wenn sich Aerosole in der Luft am Arbeitsplatz befinden und diese nicht nur eingeatmet, sondern auch über den Mund

aufgenommen werden können. Diese Gefährdung ist auch dann gegeben, wenn am Arbeitsplatz Rauch-, Ess- und Trinkverbote nicht eingehalten werden.

Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung ist die Dauer und Höhe der Exposition zu ermitteln und zu beurteilen. Außerdem ist zu beachten, dass nicht nur Gefährdungen im Routinebetrieb der Galvanikanlagen auftreten können, sondern besonders auch beim Ansetzen und Nachschärfen der Prozessmedien. Die Schutzmaßnahmen sind so festzulegen, dass die Beurteilungsmaßstäbe eingehalten werden. Beurteilungsmaßstäbe im Sinne dieser DGUV Regel „Branche Galvanik“ sind in Kapitel 4.4 näher ausgeführt. Bei Einhaltung der in dieser Regel beschriebenen Schutzmaßnahmen kann davon ausgegangen werden, dass die Beurteilungsmaßstäbe eingehalten sind.

Weiterhin sind die in dieser DGUV Regel „Branche Galvanik“ beschriebenen Maßnahmen geeignet, einen Maßnahmenplan nach TRGS 910 aufzustellen.



Substitutionsprüfung und Umsetzung der Substitution

Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung muss geprüft werden, ob Stoffe und Verfahren mit einer insgesamt geringeren Gefährdung eingesetzt werden können. Das Ergebnis der Substitutionsprüfung muss dokumentiert werden.

Beispiele für Ersatzstoffe: Einsatz von Chrom(III)-Verbindungen beim Passivieren verzinkter Bauteile anstelle von Chrom(VI)-Verbindungen.

Beispiele für Ersatzverfahren: Einsatz eines wirksamen Netzmittels im Prozessbehälter. Einsatz einer Kathodenumhüllung beim Eloxieren mit dem Schwefelsäureverfahren. Einsatz von Flüssigkonzentraten, Granulaten anstelle von staubförmigen Gefahrstoffen. Einsatz von fertig angesetzten Elektrolyten.



Technische Schutzmaßnahmen

Technische Schutzmaßnahmen nach dem Stand der Technik haben Vorrang vor organisatorischen, persönlichen oder arbeitsmedizinischen Schutzmaßnahmen. Hierbei gilt folgende Rangfolge:

- **Geschlossenes System**, z. B. bei der Versorgung der Prozessbehälter mit Säuren, Laugen und sonstigen gefährlichen Gemischen durch geschlossene Befüllsysteme
- **Absaugung freiwerdender Gefahrstoffe an der Austritts- oder Entstehungsstelle** möglichst mit einem geschlossenen Erfassungssystem. Wenn das geschlossene System nicht möglich ist, können auch halboffene oder, als letzte Lösung, auch offene Erfassungssysteme in Betracht kommen.
- **Raumluftechnische Maßnahmen**
Eine technische Zu- und Abluftanlage im Raum ist immer dann erforderlich, wenn Absauganlagen an Anlagen installiert sind, bzw. wenn eine ausreichende Erfassung der Gefahrstoffe an der Entstehungs- oder Austrittsstelle nicht möglich ist.



Organisatorische Maßnahmen

- Erstellung arbeitsplatz- und tätigkeitsbezogener Betriebsanweisungen und Aushang im Betrieb
- Unterweisung der Beschäftigten anhand von Betriebsanweisungen
- Bereitstellung und Reinigung von Arbeits- und Schutzkleidung
- Hygienemaßnahmen: Regelmäßige Reinigung der Arbeitsbereiche und Arbeitsumgebung; Essen und Trinken nur in den Pausenräumen, vorher Hände waschen; Schutzhandschuhe ausziehen, bevor Arbeitsmittel und andere Gegenstände in nicht verunreinigten Arbeitsbereichen (z. B. in Pausenräumen) berührt werden
- Verunreinigte Arbeitskleidung darf nicht mit Straßenkleidung in Berührung kommen, hier muss eine getrennte Aufbewahrung (zumindest räumliche Trennung) von Straßen- und Arbeitskleidung gewährleistet sein.
- Verunreinigte Arbeitskleidung muss im Betrieb verbleiben und bei Bedarf gereinigt werden.
- Im Arbeitsbereich oder in der Nähe des Arbeitsbereiches sollen Waschgelegenheiten mit fließendem, möglichst warmem Wasser, sowie geeignete Mittel zum Abtrocknen z. B. Rollen mit waschbaren Handtüchern oder Papier-Einwegtücher, vorhanden sein.
- Hautschutzmaßnahmen: Hautschutzplan erstellen und anwenden.
- Sicherstellung der Ersten Hilfe
- Arbeitsmedizinische Vorsorge und arbeitsmedizinisch-toxikologische Beratung



Wirksamkeitskontrolle der getroffenen Maßnahmen

Die Wirksamkeit der getroffenen Maßnahmen muss nach TRGS 500 regelmäßig überprüft werden. Dies kann durch Messungen der Gefahrstoffkonzentration in der Luft oder auch durch Messung anderer geeigneter technischer Parameter erfolgen, z. B. durch Messung der Strömungsgeschwindigkeit der Absaugung an der Galvanikanlage.



Betriebsanweisung und Unterweisung

- Zu Tätigkeiten mit Gefahrstoffen sind auf der Grundlage der Gefährdungsbeurteilung arbeitsplatz- und tätigkeitsbezogene Betriebsanweisungen für die Beschäftigten zu erstellen und im Betrieb bekannt zu machen. Die Beschäftigten sind anhand der Betriebsanweisungen vor Aufnahme der Tätigkeiten, dann mindestens jährlich wiederholt in einer für sie verständlichen Form und Sprache zu unterweisen. Die Unterweisungen sind zu dokumentieren. Die Dokumentation muss Datum, Name des/der Unterweisenden, Inhalt, Thema, Teilnehmende, sowie Unterschrift der unterwiesenen Personen enthalten.

Tätigkeiten mit krebserzeugenden, erbgutverändernden und fruchtbarkeitsgefährdenden Gefahrstoffen (**Kat. 1A oder 1B**)

Bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden, erbgutverändernden und fruchtbarkeitsgefährdenden Gefahrstoffen sind [in Abhängigkeit von der Überschreitung des Beurteilungsmaßstabs \(siehe Abschnitt 4.4\)](#) und [des Risikobereichs](#) folgende weitere organisatorische Maßnahmen notwendig:

- Abgrenzung von Gefahrenbereichen
- Verkürzung der Expositionsdauer
- Erstellung eines Maßnahmenplanes (nur krebserzeugende und erbgutverändernde Gefahrstoffe)
- Meldung an die zuständige Behörde (nur krebserzeugende und erbgutverändernde Gefahrstoffe)
- Verbot einer Luftrückführung für abgesaugte Stoffe (Ausnahme: Anwendung behördlich anerkannter Verfahren)
- Verzeichnis nach §10a (1) GefStoffV der Beschäftigten mit Dauer und Höhe der Exposition. In dieses Verzeichnis sind Beschäftigte aufzunehmen, wenn der Beurteilungsmaßstab für krebserzeugende Verbindungen, wie z. B. Nickel-, Chrom(VI)- und Kobalt- Verbindungen nicht eingehalten werden kann. Das Verzeichnis ist mindestens 40 Jahre nach Ende der Exposition aufzubewahren. Werden Beschäftigungsverhältnisse beendet, ist den Beschäftigten ein Auszug mit den sie betreffenden Angaben auszuhändigen. Die Aufbewahrungs- und Aushändigspflicht kann auf den zuständigen gesetzlichen Unfallversicherungsträger oder auf einen Verband der Unfallversicherungsträger übertragen werden. Hierzu steht online die „Datenbank zur zentralen Erfassung gegenüber krebserzeugenden Stoffen exponierter Beschäftigter - ZED“ der DGUV zur Verfügung (<https://zed.dguv.de>).

Für gefährdende Tätigkeiten mit reproduktionstoxischen Stoffen gilt eine Aufbewahrungsdauer von mindestens 5 Jahren nach Expositionsende.



Persönliche Schutzausrüstung (PSA)

Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung ist festzulegen, welche PSA bereitgestellt und benutzt werden muss. Geeignete PSA muss zur Verfügung gestellt werden, wenn trotz technischer und organisatorischer Schutzmaßnahmen der Beurteilungsmaßstab nicht eingehalten wird oder bei hautresorptiven, reizenden, ätzenden oder hautsensibilisierenden Gefahrstoffen oder bei Gefahrstoffen, die die Gesundheit der Beschäftigten irreversibel schädigen können, eine Gefährdung durch Hautkontakt besteht.

Kann ein Hautkontakt verfahrensbedingt nicht ausgeschlossen werden, wie bei Arbeiten an handbeschickten Prozessen, müssen den betroffenen Beschäftigten geeignete Chemikalienschutzhandschuhe zur Verfügung stehen und von ihnen getragen werden. Wichtig ist, dass das Handschuhmaterial gegen den Gefahrstoff ausreichend beständig und undurchlässig ist. Zu geeigneten Handschuhmaterialien. Handschuhdicken und Durchdringungszeiten gibt das Sicherheitsdatenblatt Auskunft. Weitere Informationen können z. B. bei den Schutzhandschuhherstellern eingeholt werden. Müssen flüssigkeitsdichte Schutzhandschuhe täglich länger als zwei Stunden getragen werden, liegen Feuchtarbeiten vor und es muss eine arbeitsmedizinische Vorsorge angeboten werden. Bei einer Tragezeit von täglich mehr als vier Stunden ist die Vorsorge verpflichtend.

Weitere erforderliche PSA, z. B. beim offenen Umgang mit Säuren und Laugen, können Gummischürze, Gummistiefel, Schutzbrille oder Gesichtsschutz sein.

Den Beschäftigten müssen in der Betriebsanweisung und mit der Unterweisung eindeutige Angaben zur Benutzung der persönlichen Schutzausrüstung gegeben werden

3.5 Wartung und Instandhaltung

Um einen produktions sicheren Betrieb der Anlagen zu gewährleisten, müssen sie instandgehalten werden. Neben dem Tausch von Elektrolyten ist die Reinigung der Anlage und Komponenten eine wichtige Aufgabe, diese erfolgt im Stillstand der Anlage. Weiterhin ist für den korrekten Betrieb galvanotechnischer Anlagen oftmals eine Vielzahl von Nebenanlagen notwendig. Die Wartung dieser Nebenanlagen erfolgt dabei teilweise auch während des Betriebs der Anlagen (redundante Einrichtungen wechselseitig, z. B. Wechselschaltungen bei der Wasseraufbereitung) oder während Stillstandzeiten. Da diese Anlagen oft steuerungstechnisch mit der Anlage verbunden sind, bestehen Gefahren durch unkontrollierten Anlauf.



Abb. 20: Bühne zur sicheren Wartung und Instandhaltung von Nebenaggregaten



Rechtliche Grundlagen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- Gefahrstoffverordnung
- Betriebssicherheitsverordnung
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge
- DGUV Vorschrift 3 und 4 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“
- DGUV Vorschrift 15 und 16 „Elektromagnetische Felder“
- DGUV Vorschrift 52 und 53 „Krane“
- TRBS 1252, Teil 3 (Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre)
- TRGS 401 (Gefährdungen durch Hautkontakt)
- TRGS 402 (Inhalative Exposition)
- TRGS 500 (Schutzmaßnahmen)
- TRGS 561 (Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen und Verbindungen)
- TRGS 722 (Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre)

- DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“
- DGUV Regel 113-001 „Explosionsschutz-Regeln“
- DGUV Regel 113-004 „Behälter, Silos und enge Räume, Teil 1: Arbeiten in Behältern, Silos und engen Räumen“



Weitere Informationen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- DGUV Information 209-009 „Galvanisieren“
- DGUV Information 209-015 „Instandhaltung“
- DGUV Information 213-716 „Galvanotechnik und Eloxieren“
- Fachbereich AKTUELL FBHM-122 „Hilfestellungen zum Explosionsschutzkonzept und zur Zoneneinteilung für explosionsgefährdete Bereiche verschiedener Verfahren in Galvanik- und Anodisieranlagen“
- VDE 0113-1:2014-10 „Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen, Teil 1: Allgemeine Anforderungen“
- DIN EN 12599:2013-01 „Prüf- und Messverfahren für die Übergabe raumluftechnischer Anlagen“
- DIN EN 17059:2018 „Galvanik- und Anodisieranlagen – Sicherheitsanforderungen“
- Leitfaden des ZVO (2016) zur Auslegung von Abluftanlagen an Galvanikanlagen
- Handlungshilfe der BG ETEM „Gefahrstoffe in der Galvanotechnik und Oberflächenveredelung“ (S 015)



Chemische Gefährdungen

- Inhalative Gefährdungen: Einatmung von Aerosolen oder Dämpfen
- Dermale Gefährdung: mittleres Risiko aufgrund des möglichen Kontakts (Verweis: TRGS 401)
- Orale Gefährdungen: bei Nichtbeachtung der Hygienemaßnahmen (Verweis auf TRGS 500)



Schutzmaßnahmen bei chemischen Gefährdungen

- **T1** Nutzung der vorhandenen lufttechnischen Maßnahmen des Normalbetriebs;
- **T2** Überwachung der technischen Lüftung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059
sonst: **O1**
- **T3** Verlegen von festen Rohrleitungen zum Umpumpen, Ablassen und Entsorgen zu den Anlagen
- **O1** Es ist sicherzustellen, dass Bereiche vor dem Begehen durch Personen frei von gesundheitsschädigenden Gefahrstoffkonzentrationen sind und ausreichend Sauerstoff in der Atemluft enthalten ist. Entsprechende Verfahren zur „Freimessung“ sind festzulegen, gegebenenfalls **P1**

- **O2** Sicheres Arbeiten durch Unterbrechung der Zuführungen (Schieber/Ventile in Rohrleitungen, Pumpen, Druckluft, etc.), Drücke verwendeter Medien sicher entspannen, Flüssigkeiten ablassen und spülen.
- **O3** Besondere Vorsicht beim Einsteigen in Behälter (Verfahren zum Befahren von Behältern festlegen, Befahrerlaubnis), sichere Überstiege benutzen, Behälter entleeren und sichere Atemluftkonzentration sicherstellen, Alleinarbeit ist verboten!
- **P1** Persönliche Schutzausrüstung gegen inhalative Gefährdung, d. h. geeigneter Atemschutz, (Atemschutzmaske, Fremdbelüftung)



Gefährdungen durch Brände und Explosionen

- Brandgefahr durch Kurzschlüsse oder Überlast durch fehlerhafte elektrische Verbindungen
- Brandgefahr durch Heißenarbeiten (Schweißen, Schleifen, Wärmen)
- Explosionsgefahr durch Bildung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre, z. B. von Wasserstoff, aufgrund von verminderter oder abgeschalteter Lüftung



Schutzmaßnahmen gegen Brände und Explosionen

- **T1** Überwachung der technischen Lüftung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059
- **O1** Prüfung der Galvanikanlage als ortsfeste elektrische Anlage nach DGUV Vorschrift 3 und 4
- **O2** Thermografische Untersuchungen (Wärmebildkamera)
- **O3** Geeignete und geprüfte Arbeitsmittel verwenden.
- **O4** Unterbrechung der galvanischen Prozesse durch Abschalten des Stroms an den Gleichrichtern bei Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre, z. B. durch Wasserstoff
- **O5** Unterbrechung der chemischen Prozesse beim chemischen Vernickeln oder an den Zinklösestationen beim alkalischen Verzinken aufgrund der Bildung von gefährlicher explosionsfähiger Wasserstoff-Atmosphäre durch Ablassen des Elektrolyten oder Ausfahren der Werkstücke (Chemisches Vernickeln) bzw. der Zinkanoden (Zink-Lösestationen)
- **O6** Erlaubnisscheinverfahren für Heißenarbeiten



Mechanische Gefährdungen

- Quetsch- und Scherstellen durch bewegte und abstürzende Teile
- Gefährdungen durch Absturz in die Prozessbehälter
- Gefahren durch abrutschendes Werkzeug



Schutzmaßnahmen gegen mechanische Gefährdungen

- **T1** Nutzung der vorhandenen Schutzmaßnahmen gegen mechanische Gefährdungen, z. B. der Anfahrbügel an den Beschickungswagen, ansonsten **T2**
- **T2** Nutzung alternativer Schutzmaßnahmen, z. B. Verfahren der Beschickungswagen im Handbetrieb
- **T3** Abdeckung von Prozessbehältern, Nutzung von vorhandenen Wartungsbühnen oder Gerüsten und Überstiege; nur falls **T3** nicht möglich **P1**
- **O1** Benutzung geeigneten Werkzeugs, z. B. eines Bandschlüssels
- **O2** Sicherung von Komponenten gegen Absturz, z. B. von Traversen
- **O3** Keine Alleinarbeit, bei Kontrollarbeiten bzw. im Einrichtbetrieb Sicherungsposten einsetzen
- **O4** Beim Einsteigen in Prozessbehälter Schutzmaßnahmen nach BGR 117 anwenden, sichere Überstiege benutzen
- **O5** Bei Wartung und Instandhaltung von Nebenanlagen, die sich in anderen Räumen befinden, Kommunikation sicherstellen (evtl. Funk)
- **O6** Anlagen gegen Wiedereinschalten sichern, ggf. Kennzeichnungen anbringen.
- **P1** Gurte/PSA gegen Absturz benutzen.



Gefährdungen durch nicht-ionisierende Strahlung

- Gefährdungen der Augen durch Laserstrahlen, die von den Positionsmesssystemen an den Beschickungswagen ausgehen
- Gefährdungen durch UV-Strahlung an Entkeimungsanlagen im Prozessbehälter oder an Rohrleitungen in der Abwasserbehandlung



Schutzmaßnahmen gegen nicht-ionisierende Strahlung

- **O1** Bei Arbeiten im Wirkungsbereich der Positionsmesssystemen an den Beschickungswagen die Lasersysteme abschalten.
- **O2** Bei Arbeiten im Wirkungsbereich der UV-Strahler diese abschalten.



Gefährdungen durch Lärm

- Arbeiten an lauten Anlagenteilen (Abluft, Kompressoren, Gebläse, etc.)
- Reinigung mit Druckluft
- Entfernen von Verkrustungen und Ablagerungen durch Abschlagen, z. B. mit Hämmern



Schutzmaßnahmen gegen Lärm

- **T1** Einsatz lärmarmen Reinigungsverfahrens, z. B. Absaugen, Abwischen, Abspülen
- **T2** Einsatz von lärmarmen Druckluftdüsen

- **O1** Falls möglich, Abschalten lauter Anlagenteile
- **O2** Einsatz von Druckluft auf ein Mindestmaß reduzieren.
- **P1** Tragen von geeignetem Gehörschutz (z. B. Gehörschutzstöpsel, Bügelgehörschützer, Kapseln, Otoplastiken)



Elektrische Gefährdungen

- Durch elektrischen Schlag bei feuchten und nassen Umgebungsbedingungen (d. h. in feuchten und nassen Räumen) aufgrund von direktem oder indirektem Berühren in Bereichen mit mehr als 30 V Gleichspannung oder 12 V Wechselspannung
- Bei feuchten und nassen Umgebungsbedingungen (d. h. in feuchten und nassen Räumen) ist ein Schutz gegen indirektes und direktes Berühren nicht erforderlich, wenn die Nennspannung des SELV- oder PELV-Systems 30 V Gleichspannung oder 12 V Wechselspannung nicht überschreitet.
- Durch Lichtbögen und daraus folgende Verbrennungen



Schutzmaßnahmen gegen elektrische Gefährdungen

- **O1** Sicheres Abschalten des Stroms, gegen Wiedereinschalten sichern, Spannungsfreiheit feststellen, erden und kurzschließen, benachbarte unter Spannung stehende Teile abschränken oder abdecken.
- **O2** Elektrische Einrichtungen dürfen nur von einer Elektrofachkraft oder unter deren Leitung und Aufsicht den elektrotechnischen Regeln entsprechend errichtet, geändert und instandgehalten werden.



Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

Keine



Schutzmaßnahmen gegen Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

Keine



Thermische Gefährdung durch Hitze/Kälte

- In Abhängigkeit vom betrachteten Verfahren bestehen gegebenenfalls hohe Gefährdungen von Verbrennungen beim möglichen Verspritzen von Prozessmedien und an heißen Oberflächen (Behälterwandung, Rohrleitungen)



Schutzmaßnahmen gegen thermische Gefährdungen

In Abhängigkeit vom betrachteten Verfahren:

- **T1** Isolierung der Prozessbehälter und Rohrleitungen
- **T2** Trennende Schutzeinrichtungen (z. B. Geländer oder Bleche und Verkleidungen)
- **T3** Spritzschutz
- **O1** Falls möglich, Abstellen heißer Medien
- **O2** Kennzeichnung heißer Oberflächen
- **O3** Benutzung geeigneten Werkzeugs, zum Beispiel isoliertes Werkzeug
- **P1** Schutzhandschuhe, Schutzbrille (Gesichtsschutz, wenn erforderlich)



Arbeitsmedizinische Vorsorge

- Angebots- bzw. Pflichtvorsorge in Abhängigkeit von den eingesetzten Gefahrstoffen oder Verfahren gem. Anhang 1 Abs. 1 und Abs. 2 ArbMedVV (siehe Kapitel 3.4)
- Angebotsvorsorge (Auslösewerte 80 dB(A)) oder Pflichtvorsorge (Auslösewert 85 dB(A)) bei Tätigkeiten mit Lärmexposition (DGUV Empfehlung Lärm)

3.6 Störungen

Störungen an Anlagen führen zu fehlbeschichteten Teilen oder zu Anlagenstillständen, z. B. durch abgestürzte Warenträger, Gestelle oder Bauteile. Dieser nicht bestimmungsgemäße Zustand kann zu Gefahren führen, die im Einzelfall betrachtet werden müssen. Überlegte Planung und Handlung zur Beseitigung der Störung ist wichtig, um Gefährdungen zu reduzieren.



Abb. 21: Beseitigung von Störungen nur bei stillgesetzter Anlage – verriegelte Tür schützt vor ungesichertem Zugang



Rechtliche Grundlagen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- Gefahrstoffverordnung
- Betriebssicherheitsverordnung
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge
- DGUV Vorschrift 3 und 4 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“
- DGUV Vorschrift 15 und 16 „Elektromagnetische Felder“
- DGUV Vorschrift 52 und 53 „Krane“
- TRGS 401 (Gefährdungen durch Hautkontakt)
- TRGS 402 (Inhalative Exposition)
- TRGS 500 (Schutzmaßnahmen)
- TRGS 561 (Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen und Verbindungen)
- TRGS 722 (Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre)
- DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“
- DGUV Regel 113-001 „Explosionsschutz-Regeln“



Weitere Informationen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- DGUV Information 209-009 „Galvanisieren“
- DGUV Information 213-716 „Galvanotechnik und Eloxieren“
- Fachbereich AKTUELL FBHM-122 „Hilfestellungen zum Explosionsschutzkonzept und zur Zoneneinteilung für explosionsgefährdete Bereiche verschiedener Verfahren in Galvanik- und Anodisieranlagen“

- VDE 0113-1:2014-10 „Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen, Teil 1: Allgemeine Anforderungen“
- DIN EN 12599:2013-01 „Prüf- und Messverfahren für die Übergabe raumluftechnischer Anlagen“
- DIN EN 17059:2018 „Galvanik- und Anodisieranlagen – Sicherheitsanforderungen“
- Leitfaden des ZVO (2016) zur Auslegung von Abluftanlagen an Galvanikanlagen
- Handlungshilfe der BG ETEM „Gefahrstoffe in der Galvanotechnik und Oberflächenveredelung“ (S 015)



Chemische Gefährdungen

- Inhalative Gefährdungen: Einatmung von Aerosolen oder Dämpfen aufgrund von Störungen an der Abluftanlage, z. B. durch Salzablagerungen in Absaugstegen oder Rohrleitungen
- Dermale Gefährdung: mittleres Risiko wegen des möglichen Kontakts (Verweis auf TRGS 401) aufgrund von Spritzern durch undichte Leitungen, Versagen von Bauteilen oder Bersten von Rohrleitungen
- Orale Gefährdungen: bei Nichtbeachtung der Hygienemaßnahmen (Verweis auf TRGS 500)



Schutzmaßnahmen bei chemischen Gefährdungen

- **T1** Nutzung der vorhandenen lufttechnischen Maßnahmen des Normalbetriebs; sonst: **O1**
- **T2** Überwachung der technischen Lüftung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059
- **T3** Verlegen von festen Rohrleitungen zum Umpumpen, Ablassen und Entsorgen zu den Anlagen
- **O1** Feststellung der inhalativen Gefährdungen aufgrund der Gefahrstoffexpositionen (z. B. durch Freimessung) bei stillgesetzter Abluftanlage oder Betrieb mit reduzierter Leistung, ggf. **P1**
- **O2** Sicheres Arbeiten durch Unterbrechung der Zuführungen (Schieber/Ventile in Rohrleitungen, Pumpen, Druckluft, etc.), Drücke sicher entspannen, Flüssigkeiten ablassen und spülen
- **O3** Unterbrechung der chemischen Prozesse beim Brennen oder beim Entmetallisieren mit Salpetersäure aufgrund der Bildung von nitrosen Gasen durch Ablassen des Elektrolyten oder Ausfahren der Werkstücke
- **O4** Besondere Vorsicht beim Einsteigen in Behälter, sichere Überstiege benutzen, Behälter entleeren und sichere Atemluftkonzentration sicherstellen.
- **P1** Persönliche Schutzausrüstung gegen inhalative Gefährdung, d. h. geeigneter Atemschutz, (Atemschutzmaske, Fremdbelüftung)
- **P2** Persönliche Schutzausrüstung bei Arbeiten mit Chemikalien, wenn Hautkontakt möglich, z. B. bei Reinigungsarbeiten oder Austausch von Komponenten
Bei Bedarf Gesichtsschutz, Chemikalienschutzhandschuhe, chemikalienfeste Arbeitskleidung, Kunststoffschürze, Gummistiefel, Schutzoverall
- **P3** Achtung bei Reinigungsarbeiten mittels Hochdruckreiniger; Rückprall und Schutz Dritter beachten (ggf. Schutzvorhang)



Gefährdungen durch Brände und Explosionen

- Brandgefahr durch Kurzschlüsse oder Überlast durch fehlerhafte elektrische Verbindungen
- Brandgefahr durch Kurzschlüsse aufgrund abgestürzter Warenträger, fehlerhafte elektrische Verbindungen an Warenträger oder Überhitzung von Bauteilen
- Brandgefahr durch Kurzschlüsse von Bauteilen oder Warenträgern (Kathode-Anode)
- Brandgefahr durch große Übergangswiderstände an stromführenden Teilen; Versalzungen und Korrosion an Kontaktböcken können zu hohen thermischen Belastungen führen.
- Explosionsgefahr durch Bildung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre, z. B. von Wasserstoff, aufgrund von verminderter, abgeschalteter oder durch Stromausfall ausgefallener Lüftung



Schutzmaßnahmen gegen Brände und Explosionen

- **T1** Überwachung der technischen Lüftung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059
- **O1** Prüfung der Galvanikanlage als ortsfeste elektrische Anlage nach DGUV Vorschrift 3 und 4
- **O2** Thermografische Untersuchungen (Wärmebildkamera)
- **O3** Geeignete und geprüfte Arbeitsmittel gemäß TRBS 1252 Teil 3 Nr. 3 und Nr. 5.1 verwenden.
- **O4** Unterbrechung der galvanischen Prozesse durch Abschalten des Stroms an den Gleichrichtern bei Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre, z. B. durch Wasserstoff,
- **O5** Unterbrechung der chemischen Prozesse beim chemischen Vernickeln oder an den Zinklösestationen beim alkalischen Verzinken aufgrund der Bildung von gefährlicher explosionsfähiger Wasserstoff-Atmosphäre durch Ablassen des Elektrolyten oder Ausfahren der Werkstücke (Chemisches Vernickeln) bzw. der Zinkanoden (Zink-Lösestationen)



Mechanische Gefährdungen

- Quetsch- und Scherstellen durch bewegte und abstürzende Teile
- Gefährdungen durch Absturz in die Prozessbehälter bei Arbeiten am/an abgestürzten Transportwagen/Warenträger/Trommeln oder über den Prozessbehältern
- Erhöhtes Risiko durch stark eingeschränkte Zugänglichkeit und nicht begehbare Abluftstege
- Gefährdungen durch unkontrollierte Bewegungen durch sich entspannende ehemals verklemmte Warenträger/Trommeln in unkontrollierten Positionen nach Absturz in die Prozessbäder
- Die Warenträger müssen meist mit Hilfe von Gurten oder Winden angehoben werden. Dabei können sie sich schlagartig lösen oder weiter abstürzen.
- Gefahren durch abrutschendes Werkzeug



Schutzmaßnahmen gegen mechanische Gefährdungen

- **T1** Nutzung der vorhandenen Schutzmaßnahmen gegen mechanische Gefährdungen, z. B. der Anfahrbügel an den Beschickungswagen, sonst **T2**
- **T2** Nutzung alternativer Schutzmaßnahmen, z. B. Verfahren der Beschickungswagen im Handbetrieb
- **T3** Abdeckung von Prozessbehältern, Nutzung von vorhandenen Wartungsbühnen oder Gerüsten und Überstiegen; nur falls **T3** nicht möglich, **P1**
- **T4** Entnahme magnetischer Werkstücke mit Magneten, Entnahme nichtmagnetischer Werkstücke mit Haken oder erst nach Ablassen des Behälters
- **O1** Benutzung geeigneten Werkzeugs, z. B. eines Bandschlüssels
- **O2** Sicherung von Komponenten gegen Absturz wie z. B. von Traversen
- **O3** Keine Alleinarbeit, bei Kontrollarbeiten bzw. im Einrichtbetrieb einen Sicherungsposten einsetzen.
- **O4** beim Einsteigen in Prozessbehälter Schutzmaßnahmen nach DGUV Regel 113-004 anwenden, sichere Überstiege benutzen.
- **O5** Bei Wartung und Instandhaltung von Nebenanlagen, die sich in anderen Räumen befinden, Kommunikation sicherstellen (evtl. Funk).
- **O6** Anlagen gegen Wiedereinschalten sichern, ggf. Kennzeichnungen anbringen.
- **P1** Gurte/PSA gegen Absturz benutzen.



Gefährdungen durch Lärm

- Arbeiten an lauten Anlagenteilen (Abluft, Kompressoren, Gebläse, etc.)
- Abbau von Verkrustungen und Ablagerungen, z. B. mit Hämmern



Schutzmaßnahmen gegen Lärm

- **T1** Einsatz lärmarmen Reinigungsverfahrens, z. B. Absaugen, Abwischen, Abspülen
- **O1** Falls möglich, Abschalten lauter Anlagenteile
- **P1** Tragen von geeignetem Gehörschutz ((z. B. Gehörschutzstöpsel, Bügelgehörschützer, Kapseln, Otoplastiken)



Elektrische Gefährdungen

- Durch elektrischen Schlag bei feuchten und nassen Umgebungsbedingungen (d. h. in feuchten und nassen Räumen) aufgrund von direktem oder indirektem Berühren in Bereichen mit mehr als 30 V Gleichspannung oder 12 V Wechselspannung
- Bei feuchten und nassen Umgebungsbedingungen (d. h. in feuchten und nassen Räumen) ist ein Schutz gegen indirektes und direktes Berühren nicht erforderlich, wenn die Nennspannung des SELV- oder PELV-Systems 30 V Gleichspannung oder 12 V Wechselspannung nicht überschreitet.
- Gefahr durch verschleppte Spannung an Bauteilen oder Warenträgern

- Gefahr durch Beschädigungen, Scheuerstellen an flexiblen Zuleitungen (z. B. an Stationen mit Warenbewegungen)
- Durch Lichtbögen und daraus folgende Verbrennungen



Schutzmaßnahmen gegen elektrische Gefährdungen

- **O1** Sicheres Abschalten des Stroms und gegen Wiedereinschalten sichern.
- **O2** Elektrische Einrichtungen dürfen nur von einer Elektrofachkraft oder unter deren Leitung und Aufsicht den elektrotechnischen Regeln entsprechend errichtet, geändert und instandgehalten werden.



Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

Siehe betrachtetes Verfahren



Schutzmaßnahmen bei Personen mit aktiven Implantaten gegen Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

Siehe betrachtetes Verfahren



Thermische Gefährdung durch Hitze

- In Abhängigkeit vom betrachteten Verfahren bestehen gegebenenfalls hohe Gefährdungen von Verbrennungen beim möglichen Verspritzen von Prozessmedien und an heißen Oberflächen (Behälterwandung, Rohrleitungen)



Schutzmaßnahmen gegen thermische Gefährdungen

In Abhängigkeit vom betrachteten Verfahren:

- **T1** Isolierung der Prozessbehälter und Rohrleitungen
- **T2** Trennende Schutzeinrichtungen (z. B. Geländer oder Bleche und Verkleidungen)
- **T3** Spritzschutz
- **O1** falls möglich, Abstellen heißer Medien
- **O2** Kennzeichnung heißer Oberflächen
- **O3** Benutzung geeigneten Werkzeugs, zum Beispiel isoliertes Werkzeug
- **P1** Schutzhandschuhe, Schutzbrille (Gesichtsschutz, wenn erforderlich)



Arbeitsmedizinische Vorsorge

- Angebots- bzw. Pflichtvorsorge in Abhängigkeit von den eingesetzten Gefahrstoffen bzw. Verfahren gem. Anhang Teil 1 Abs. 1 und Abs. 2 ArbMedVV (Vgl. Kapitel 3.4)
- Angebotsvorsorge (Auslösewert 80 dB(A)) oder Pflichtvorsorge (Auslösewert 85 dB(A)) bei Tätigkeiten mit Lärmexposition (DGUV Empfehlung Lärm)

Entwurf

3.7 Abwasserbehandlung, Entsorgung

Der Betrieb einer galvanotechnischen Anlage schließt auch die Entsorgung verbrauchter Spülflüssigkeiten und Konzentrate mit ein. Dabei unterscheidet man zwischen interner Entsorgung über eine eigene Abwasserbehandlungsanlage und externer Entsorgung mittels Sammel tanks und Abfuhr der Flüssigkeiten in Tankfahrzeugen oder Behältern (IBCs).



Abb. 22: Sammelbehälter mit Rückhalteeinrichtung in der Abwasserbehandlung



Rechtliche Grundlagen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- Gefahrstoffverordnung
- Betriebssicherheitsverordnung
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge
- DGUV Vorschrift 3 und 4 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“
- DGUV Vorschrift 52 und 53 „Krane“
- TRGS 401 (Gefährdungen durch Hautkontakt)
- TRGS 402 (Inhalative Exposition)
- TRGS 500 (Schutzmaßnahmen)
- TRGS 561 (Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen und Verbindungen)
- TRGS 722 (Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre)
- DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“
- DGUV Regel 113-001 „Explosionsschutz-Regeln“



Weitere Informationen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- DGUV Information 209-009 „Galvanisieren“
- DGUV Information 213-716 „Galvanotechnik und Eloxieren“
- Fachbereich AKTUELL FBHM-122 „Hilfestellungen zum Explosionsschutzkonzept und zur Zoneneinteilung für explosionsgefährdete Bereiche verschiedener Verfahren in Galvanik- und Anodisieranlagen“
- VDE 0113-1:2014-10 „Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen, Teil 1: Allgemeine Anforderungen“
- DIN EN 12599:2013-01 „Prüf- und Messverfahren für die Übergabe raumluftechnischer Anlagen“
- DIN EN 17059:2018 „Galvanik- und Anodisieranlagen – Sicherheitsanforderungen“
- Leitfaden des ZVO (2016) zur Auslegung von Abluftanlagen an Galvanikanlagen
- Handlungshilfe der BG ETEM „Gefahrstoffe in der Galvanotechnik und Oberflächenveredelung“ (S 015)



Chemische Gefährdungen

- Inhalative Gefährdungen: Einatmung von Aerosolen oder Dämpfen
- Dermale Gefährdung: aufgrund des möglichen Kontakts (Verweis: TRGS 401)
- Orale Gefährdungen: bei Nichtbeachtung der Hygienemaßnahmen (Verweis auf TRGS 500)
- Besondere chemische Gefährdungen:
 - durch Zugabe von Chemikalien, händische Dosierung (siehe Kapitel 3.4)
 - durch Stoffverwechslungen beim Betanken von Lagertanks für Frischchemie
 - durch Leckagen bei Tankvorgängen, z. B. bei externer Entsorgung und beim Abfüllen



Schutzmaßnahmen bei chemischen Gefährdungen

Immer anzuwendende Schutzmaßnahmen:

- **T1** Abdeckung der Prozess- und Lagerbehälter
- **T2** Absaugung am Prozess- und Lagerbehälter
- **T3** Überwachung der technischen Lüftung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059

Wird durch diese Maßnahme die Unterschreitung des jeweiligen Beurteilungsmaßstabes als Schutzziel nicht erreicht, müssen folgende Schutzmaßnahmen einzeln oder kombiniert zusätzlich angewendet werden:

- **T4** Festverlegte Rohrleitungen zu den Prozess- und Lagerbehältern
- **T5** Raumluftechnische Anlage
- **O1** Eindeutige Kennzeichnung von Behältern und Rohrleitungen
- **O2** Regelmäßige Wartung und Prüfung der lüftungstechnischen Einrichtung durch eine befähigte Person

- **O3** Regelmäßige Reinigung der Umgebung der Prozess- und Lagerbehälter von Anhaftungen oder Verkrustungen
- **P1** Persönliche Schutzausrüstung bei Arbeiten mit Gefahrstoffen, wenn Hautkontakt möglich, z. B. bei der Probenahme oder beim Nachdosieren
Probenahme: Laborkittel und Augenschutz, Chemikalienschutzhandschuhe
Nachdosieren: Augenschutz, bei Bedarf Gesichtsschutz, Chemikalienschutzhandschuhe, chemikalienfeste Arbeitskleidung, Kunststoffschürze



Gefährdungen durch Brände und Explosionen

- Brandgefahr durch Kurzschlüsse oder Überlast durch fehlerhafte elektrische Verbindungen
- Explosionsgefahr durch Bildung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre, z. B. von Wasserstoff, aufgrund von verminderter oder abgeschalteter Lüftung



Schutzmaßnahmen gegen Brände und Explosionen

- **T1** Überwachung der technischen Lüftung gemäß den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 17059
- **O1** Prüfung der Galvanikanlage als ortsfeste elektrische Anlage nach DGUV Vorschrift 3 und 4
- **O2** Thermografische Untersuchungen (Wärmebildkamera)
- **O3** Unterbrechung der galvanischen Prozesse durch Abschalten des Stroms an den Gleichrichtern bei der Edelmetallrückgewinnung unter Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre, z. B. durch Wasserstoff



Mechanische Gefährdungen

- Absturzgefahr beim Arbeiten an den Prozess- und Lagerbehältern und Einsteigen in Behälter
- Quetsch- und Scherstellen durch bewegte Teile, z. B. an der Filterpresse (beim Schließen der Platten und beim automatischen Plattentransport)
- Fangstellen an Rührwerken



Schutzmaßnahmen gegen mechanische Gefährdungen

- **T1** Verhinderung des Zugriffs in Quetsch- und Scherstellen durch trennende Schutzeinrichtungen und Schutzeinrichtungen mit Annäherungsfunktion, z. B. berührungslos wirkende Schutzeinrichtung an der Filterpresse
- **T2** Bereitstellung fest angebrachter Wartungsbühnen bei Arbeiten an/auf Prozess- und Lagerbehältern
- **O1** Arbeitstäglige Funktionsprüfung und regelmäßige Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person

- **P1** Bei Arbeiten an/auf Prozess- und Lagerbehältern persönliche Schutzeinrichtungen gegen Absturz verwenden (Rückhaltesysteme)



Gefährdungen durch Lärm

- Druckluftpumpen



Schutzmaßnahmen gegen Lärm

- **T1** Abluft-Schalldämpfer verwenden.
- **T2** Pulsationsdämpfer einsetzen.
- **P1** Tragen von geeignetem Gehörschutz (z. B. Gehörschutzstöpsel, Bügelgehörschützer, Kapseln, Otoplastiken)



Elektrische Gefährdungen

- Durch elektrischen Schlag bei feuchten und nassen Umgebungsbedingungen (d. h. in feuchten und nassen Räumen) aufgrund von direktem oder indirektem Berühren in Bereichen mit mehr als 30 V Gleichspannung oder 12 V Wechselspannung
- Bei feuchten und nassen Umgebungsbedingungen (d. h. in feuchten und nassen Räumen) ist ein Schutz gegen indirektes und direktes Berühren nicht erforderlich, wenn die Nennspannung des SELV- oder PELV-Systems 30 V Gleichspannung oder 12 V Wechselspannung nicht überschreitet.



Schutzmaßnahmen gegen elektrische Gefährdungen

- **T1** Schutz gegen elektrischen Schlag durch Basisschutz nach VDE 0113-1 (insbesondere Gehäuse, Isolierung)
- **T2** Schutz gegen elektrischen Schlag durch feststehende trennende Schutzeinrichtungen und Verriegelungen der elektrischen Stromversorgung mit beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen oder berührungslos wirkenden Schutzeinrichtungen
- **O1** Die elektrische Ausrüstung ist gegen äußere Einflüsse (z. B. mechanische, thermische, chemische Beanspruchung) zu schützen.
- **O2** Elektrische Einrichtungen dürfen nur von einer Elektrofachkraft oder unter deren Leitung und Aufsicht den elektrotechnischen Regeln entsprechend errichtet, geändert und instandgehalten werden.
- **O3** Regelmäßige, mindestens jährliche Wirksamkeitsprüfung der Schutzmaßnahmen durch eine befähigte Person



Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

Keine



Schutzmaßnahmen gegen Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

Keine



Besondere Gefährdungen

- Durch Alleinarbeit



Schutzmaßnahmen gegen besondere Gefährdungen bei der Alleinarbeit

- **T1** Einsatz einer Personennotsignalsignalanlage
- **O1** Festlegung eines Melde- und Kontrollverfahrens



Thermische Gefährdung durch Hitze

- In Abhängigkeit vom betrachteten Verfahren bestehen gegebenenfalls hohe Gefährdungen von Verbrennungen beim möglichen Verspritzen von Prozessmedien und an heißen Oberflächen (Behälterwandung, Rohrleitungen)



Schutzmaßnahmen gegen thermische Gefährdungen

In Abhängigkeit vom betrachteten Verfahren:

- **T1** Isolierung der Prozessbehälter und Rohrleitungen
- **T2** Trennende Schutzeinrichtungen (z. B. Geländer oder Bleche und Verkleidungen)
- **T3** Spritzschutz



Arbeitsmedizinische Vorsorge

- Angebots- und Pflichtvorsorge in Abhängigkeit von den eingesetzten Gefahrstoffen bzw. Verfahren gem. Anhang Teil 1 Abs. 1 und Abs. 2 ArbMedVV (vgl. Kapitel 3.4)
- Angebotsvorsorge (Auslösewert 80 dB(A)) oder Pflichtvorsorge (Auslösewert 85 dB(A)) bei Tätigkeiten mit Lärmexposition (DGUV Empfehlung Lärm)
- Angebotsvorsorge (bei Feuchtarbeit > 2 h) oder Pflichtvorsorge (bei Feuchtarbeit > 4h) (DGUV Empfehlung Gefährdung der Haut)
- Angebotsvorsorge bei Tätigkeiten mit Exposition gegenüber hautsensibilisierend wirkenden Stoffen (DGUV Empfehlung Gefährdung der Haut)

3.8 Prüfungen

Zum sicheren Betrieb der Anlage und ihrer Komponenten sind erstmalige und wiederkehrende Prüfungen notwendig. Art und Umfang erforderlicher Prüfungen sowie die Fristen von wiederkehrenden Prüfungen sind im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zu ermitteln und festzulegen. Weiterhin ist festzulegen, welche Voraussetzungen das Prüfpersonal erfüllen muss (Qualifikation). Dabei sind entsprechende feste Vorgaben wie auch Hinweise der Herstellfirmen zu beachten.



Abb. 23 Prüfung der Galvanikanlage durch eine befähigte Person



Rechtliche Grundlagen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- Betriebssicherheitsverordnung
- Strahlenschutzverordnung
- DGUV Vorschrift 3 und 4 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“
- TRBS 1201 Prüfung von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen
- TRBS 1203 „Zur Prüfung befähigte Personen“
- DGUV Regel 100-500 und 100-501 „Betreiben von Arbeitsmitteln, Kapitel 2.11, Teil 1 Arbeitsmaschinen der chemischen Industrie, der Gummi- und Kunststoffindustrie“
- DGUV Regel 100-500 und 100-501 „Betreiben von Arbeitsmitteln, Kapitel 2.11, Teil 3 Zentrifugen“
- DGUV Regel 100-500 und 100-501 „Betreiben von Arbeitsmitteln, Kapitel 2.10 Hebebühnen“



Weitere Informationen (wird bei Layout in Kasten gesetzt)

- DGUV Grundsatz 308-002 „Prüfung von Hebebühnen“
- DGUV Grundsatz 308-003 „Prüfbuch für Hebebühnen“
- DGUV Grundsatz 313-001 „Prüfbuch für Zentrifugen“

3.8.1 Funktionsprüfung der Schutzeinrichtungen (Empfehlung: arbeitstächlich, Minimum: wöchentlich)

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

3.8.2 Wirksamkeitsprüfung der Schutzeinrichtungen bei Inbetriebnahme und bei Folgeprüfungen (Minimum: jährlich)

- Absauganlage/Raumlufttechnische Anlage
- Anfahrschutz am Transportwagen und Quorumsetzer
(Anfahrbügel, Schaltfläche oder 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).

3.8.3 Wiederholungsprüfung der Anlage und Anlagenkomponenten (Minimum: jährlich)

- Anlage als ortsfestes elektrisches Betriebsmittel
- Prüfungen an Kälteanlagen, gegebenenfalls mit Dichtheitsprüfung
- Zentrifugen, handbedient oder auch automatisch im Anlagenbereich
- Kippgeräte (Hebebühnen) an Trommelbeschickungseinrichtungen, -bunker
- Druckbehälter
- Strahlenschutzanlagen (z. B. bei Röntgengeräten, bei der Röntgenfluoreszenzanalyse)
- Filterpressen und Schlamm-Fördersysteme
- Pumpen
(Liste nicht abschließend).

4 Register – Weitere Informationsquellen

4.1 Verfahrensbeschreibung der Vorbehandlungsverfahren

4.1.1 Polieren, Glänzen, Chemisches Entgraten

Das nicht mechanische Polieren, Glänzen bzw. chemische Entgraten erfolgt chemisch oder galvanisch. Es werden dabei Unebenheiten der Metalloberflächen entfernt. Beim galvanischen Verfahren kommen anodische Stromdichten bis 100 A/dm^2 zur Anwendung. Das Verfahren wird sowohl für Serienbauteile (Massenproduktion) als auch für Einzelbauteile mit unterschiedlicher Geometrie (Lohngalvanik) eingesetzt. Das Verfahren kann daher sowohl durch eine hohe Automatisierung, einen hohen Standardisierungsgrad und Durchsatz, als auch durch eine geringe Automatisierung und einen geringen Standardisierungsgrad gekennzeichnet sein. Es handelt sich um manuelle, halbautomatische oder vollautomatische Prozesse (automatische, programmierte Beschickungseinrichtungen), dabei werden verschiedene Lastaufnahmemittel (z. B. Gestelle) an offenen oder halboffenen Prozessbehältern eingesetzt.

4.1.2 Alkalische Entfettung

Die alkalische Entfettung dient zur Entfernung von Fetten, Ölen, Wachsen und anderen Schmutzschichten von der Werkstoffoberfläche. Dies kann sowohl im Tauchverfahren als auch in Spritz- bzw. Durchlaufanlagen erfolgen. Es werden Temperaturen bis 80°C (Abkochentfettung) eingesetzt, unterstützt von Ultraschall oder besondere Waschverfahren (z. B. Druckflutung). Das Verfahren wird sowohl für Serienbauteile (Massenproduktion) als auch für Einzelbauteile mit unterschiedlicher Geometrie (Lohngalvanik) eingesetzt. Es kann daher sowohl durch eine hohe Automatisierung, einen hohen Standardisierungsgrad und Durchsatz, als auch durch eine geringe Automatisierung und einen geringen Standardisierungsgrad gekennzeichnet sein. Es handelt sich um manuelle, halbautomatische oder vollautomatische Prozesse (automatische, programmierte Beschickungseinrichtungen), dabei werden verschiedene Lastaufnahmemittel (z. B. Gestelle) an offenen bzw. halboffenen Prozessbehältern eingesetzt.

4.1.3 Elektrolytische Entfettung

Die elektrolytische Entfettung wird besonders bei hohen Ansprüchen an die Reinheit der Werkstoffoberfläche angewendet. Es werden alkalische, oder seltener, cyanidische Elektrolyte eingesetzt, mit anodisch oder kathodisch geschalteten Werkstücken und Stromdichten von 5 bis 15 A/dm^2 und erhöhter Gasentwicklung. Das Verfahren wird sowohl für Serienbauteile (Massenproduktion) als auch für Einzelbauteile mit unterschiedlicher Geometrie (Lohngalvanik) eingesetzt. Das Verfahren kann daher sowohl durch eine hohe Automatisierung, einen hohen Standardisierungsgrad und Durchsatz, als auch durch eine geringe Automatisierung und einen geringen Standardisierungsgrad gekennzeichnet sein. Es handelt sich um manuelle, halbautomatische oder vollautomatische Prozesse (automatische, programmierte Beschickungseinrichtungen), dabei werden verschiedene Lastaufnahmemittel (z. B. Gestelle) an offenen oder halboffenen Prozessbehältern eingesetzt.

4.1.4 Dekapieren

Das Dekapieren dient zur kurzzeitigen Aktivierung von Metalloberflächen durch die Entfernung von dünnen Oxidschichten oder Passivfilmen. Je nach den weiteren Behandlungsschritten der Werkstücke erfolgt dies im sauren oder alkalisch/cyanidischen Medium. Das Verfahren wird sowohl für Serienbauteile (Massenproduktion) als auch für Einzelbauteile mit unterschiedlicher Geometrie (Lohngalvanik) eingesetzt. Das Verfahren kann daher sowohl durch eine hohe Automatisierung, einen hohen Standardisierungsgrad und Durchsatz, als auch durch eine geringe Automatisierung und einen geringen Standardisierungsgrad gekennzeichnet sein. Es handelt sich um manuelle, halbautomatische oder vollautomatische Prozesse (automatische, programmierte Beschickungseinrichtungen), dabei werden verschiedene Lastaufnahmemittel (z. B. Gestelle) an offenen oder halboffenen Prozessbehältern eingesetzt.

4.1.5 Beizen

Das Beizen dient zur chemischen oder galvanischen Entfernung von Oxiden und anderen Metallverbindungen von der Werkstoffoberfläche. Für das Beizen von Eisenwerkstoffen werden im Normalfall verschiedene Säuren verwendet. Das Beizen von Kupferwerkstoffen mit Salpetersäure wird als Brennen bezeichnet. Das Beizen von Aluminium findet mit Natronlauge statt. Das Verfahren wird sowohl für Serienbauteile (Massenproduktion) als auch für Einzelbauteile mit unterschiedlicher Geometrie (Lohngalvanik) eingesetzt. Das Verfahren kann daher sowohl durch eine hohe Automatisierung, einen hohen Standardisierungsgrad und Durchsatz, als auch durch eine geringe Automatisierung und einen geringen Standardisierungsgrad gekennzeichnet sein. Es handelt sich um manuelle, halbautomatische oder vollautomatische Prozesse (automatische, programmierte Beschickungseinrichtungen), dabei werden verschiedene Lastaufnahmemittel (z. B. Gestelle) an offenen bzw. halboffenen Prozessbehältern eingesetzt.

4.2 Verfahrensbeschreibung der Oberflächenbehandlungsverfahren

4.2.1 /

4.2.2 Hartverchromen von Serienbauteilen/Einzelbauteilen

Als Serienbauteile werden z. B. Tiefdruckzylinder in der Druck- und Papierindustrie und Massenartikel wie Kolbenstangen in der Automobilzulieferindustrie hartverchromt. Das Verfahren ist dabei gekennzeichnet durch einen hohen Standardisierungsgrad sowie durch einen hohen Durchsatz (Massenproduktion) und einen hohen Automatisierungsgrad.

Das Hartverchromen erfolgt bei ca. 55 °C bis 80 °C galvanisch aus einem Elektrolyten aus gelöstem Chromtrioxid oder Chromsäure und mit einem Chromsäuregehalt von ca. 240 g/l bis ca. 280 g/l. Die Stromdichten betragen zwischen ca. 40 A/dm² und 50 A/dm².

Beim Hartverchromen von Tiefdruckzylindern liegt der Chromsäuregehalt bei ca. 300 g/l bei Stromdichten zwischen 50 A/dm² und 100 A/dm².

Im Vergleich zum Glanzverchromen werden beim Hartverchromen dickere Chromschichten (> 1 µm) direkt, d.h. ohne Zwischenschicht, auf der Werkstückoberfläche abgeschieden.

Der Wirkungsgrad beträgt beim Hartverchromen maximal 30%, damit verbunden ist ein im Vergleich zum Glanzverchromen höheres Maß an Wasserstoffentwicklung, demzufolge auch eine höhere Wahrscheinlichkeit der Entstehung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre, sowie ein höheres Maß an Bildung von Chromsäureaerosolen.

4.2.3 Glanz-/Schwarzverchromen von Einzelbauteilen

Beim Glanz- bzw. Schwarzverchromen von Einzelbauteilen werden Werkstücke mit unterschiedlichen Geometrien nach Kundenauftrag (Lohngalvanik) eingesetzt. Das Glanz- bzw. Schwarzverchromen ist dabei gekennzeichnet durch einen geringen Standardisierungsgrad sowie bei geringen Stückzahlen durch geringe Automatisierung (manuelle, halbautomatische und vollautomatische Verfahren).

Das Glanz- bzw. Schwarzverchromen erfolgt bei ca. 40 °C galvanisch aus einem Elektrolyten aus gelöstem Chromtrioxid bzw. Chromsäure und mit einem Chromsäuregehalt von ca. 320 g/l bis ca. 380 g/l. Die Stromdichten betragen zwischen ca. 10 A/dm² und 15 A/dm².

Im Vergleich zum Hartverchromen werden beim Glanz- bzw. Schwarzverchromen dünnere Chromschichten (< 1 µm) mit Zwischenschichten aus Kupfer und Nickel aufgetragen.

Der Wirkungsgrad beträgt beim Glanz- bzw. Schwarzverchromen 20 % bis 30 %. Bedingt durch die niedrigeren Stromdichten und Elektrolyt-Temperaturen ist die Wasserstoffentwicklung im Vergleich zum Hartverchromen geringer. Demzufolge ist auch die Wahrscheinlichkeit der Entstehung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre geringer sowie das Maß an Bildung von Chromsäureaerosolen.

4.2.4 Vernickeln - galvanisch

Beim galvanischen Vernickeln von Einzelbauteilen werden Werkstücke mit unterschiedlichen Geometrien nach Kundenauftrag (Lohngalvanik) eingesetzt. Das galvanische Vernickeln ist dabei gekennzeichnet durch einen geringen Standardisierungsgrad sowie in Abhängigkeit von den Stückzahlen durch geringe bis hohe Automatisierung (manuelle, halbautomatische und vollautomatische Verfahren).

Hier erfolgt das Vernickeln bei ca. 55 °C bis 80 °C galvanisch aus saurem, meist schwefelsaurem, Elektrolyten.

Die Nickelschicht dient entweder als Zwischen- bzw. Haftschicht unter Chromschichten oder ist eine eigenständige Beschichtung z. B. zu Dekorzwecken und zum Korrosionsschutz.

Der Wirkungsgrad beim galvanischen Vernickeln ist mit 95 % bis 98 % gegenüber den Verchromungsverfahren vergleichsweise hoch. Demzufolge ist die Bildung von Wasserstoff (gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre) deutlich geringer; ebenso ist die Bildung von Nickelaerosolen gering.

4.2.5 Vernickeln - chemisch

Beim chemischen Vernickeln von Einzelbauteilen werden Werkstücke mit unterschiedlichen Geometrien nach Kundenauftrag (Lohngalvanik) eingesetzt. Das chemische außenstromlose Vernickeln ist dabei gekennzeichnet durch einen geringen Standardisierungsgrad sowie in Abhängigkeit von den Stückzahlen durch geringe bis hohe Automatisierung (manuelle, halbautomatische und vollautomatische Verfahren).

Das chemische Vernickeln erfolgt bei ca. 85 °C bis 95 °C ohne Anlegen einer Fremdspeisung (kein galvanisches Verfahren) mit Natriumhypophosphit als Reduktionsmittel.

Die Nickelschicht ist eine eigenständige Beschichtung z. B. zu Dekorzwecken und zum Korrosionsschutz.

Gegenüber dem galvanischen Vernickeln kommt es zu einer verstärkten Wasserstoff- und Nickel-Aerosolbildung. Demzufolge ist die Wahrscheinlichkeit der Bildung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre höher als beim galvanischen Vernickeln.

4.2.6 Verkupfern – sauer oder cyanidisch

Beim sauren und cyanidischen Verkupfern von Einzelbauteilen werden Werkstücke mit unterschiedlichen Geometrien nach Kundenauftrag (Lohngalvanik) eingesetzt. Das saure und cyanidische Verkupfern ist dabei gekennzeichnet durch einen geringen Standardisierungsgrad, sowie in Abhängigkeit von den Stückzahlen durch geringe bis hohe Automatisierung (manuelle, halbautomatische und vollautomatische Verfahren).

Das cyanidische Verkupfern erfolgt bei Temperaturen von 35 °C bis 65 °C galvanisch aus alkalischen kupfercyanidischen Elektrolyten mit einem Gehalt bis ca. 40 g/l freier Cyanide. Als Alkalien werden Kaliumhydroxid oder Natriumhydroxid bis 20 g/l eingesetzt.

Die Bildung von Kupferaerosolen ist gering. Die Bildung von Cyanwasserstoff ist im Normalbetrieb zu vernachlässigen, ist aber dennoch unter bestimmten Betriebsbedingungen zu

berücksichtigen. Dazu gehören Kohlendioxideintrag aus der Luft, längere Stillstandzeiten oder das Einschleppen von Säuren.

Das saure Verkupfern erfolgt bei Temperaturen von ca. 20 °C bis 35 °C galvanisch aus sauren Kupferelektrolyten mit Salzen der Schwefelsäure als Leitsalz. Die Kupferkonzentration liegt zwischen 40 g/l und 65 g/l, und die Schwefelsäurekonzentration zwischen 55 g/l und 65 g/l.

Die Bildung von Kupferaerosolen ist vernachlässigbar gering.

Mithilfe beider Verfahren abgeschiedene Kupferschicht ist eine eigenständige Beschichtung z. B. zu Dekorzwecken und als Zwischenschicht.

4.2.7 Verzinken – cyanidisch oder sauer oder alkalisch

Beim cyanidischen, sauren und alkalischen Verzinken von Einzelbauteilen werden Werkstücke mit unterschiedlichen Geometrien nach Kundenauftrag (Lohngalvanik) eingesetzt. Das cyanidische, saure und alkalische Verzinken ist dabei gekennzeichnet durch einen hohen Standardisierungsgrad sowie in Abhängigkeit von den Stückzahlen durch geringe bis hohe Automatisierung (manuelle, halbautomatische und vollautomatische Verfahren).

Das cyanidische Verzinken erfolgt bei ca. 20 °C galvanisch aus alkalischen zinkcyanidischen Elektrolyten, der im Allgemeinen aus Zinkoxid (ca. 8 g/l bis 13 g/l), Kaliumcyanid (ca. 65 g/l) und Natriumhydroxid (ca. 70 g/l bis 75 g/l) hergestellt wird. Die Bildung von Zink-Aerosolen ist unter diesen Bedingungen verfahrensbedingt gering.

Die Stromausbeute ist abhängig von der Temperatur, dem Cyanidgehalt und der Stromdichte und ist im Gegensatz zum sauren Verzinken kleiner als 100%.

Mit steigender Stromdichte sinkt die Stromausbeute, so dass mit einer erhöhten Bildung von Wasserstoff und damit mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit der Bildung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre zu rechnen ist, ebenso mit der erhöhten Bildung von Zink-Aerosolen.

Das saure Verzinken erfolgt bei 30 °C bis 35 °C galvanisch aus sauren Zinkelektrolyten mit Salzen der Schwefelsäure oder der Salzsäure als Leitsalze. Die Zinkkonzentrationen liegen in stark sauren Elektrolyten bei 140 g/l bis 190 g/l in schwach sauren Elektrolyten dagegen bei 15 g/l bis 45 g/l.

Die Stromausbeute liegt bei 98 % bis 100%. Die Bildung von Wasserstoff und von Zink-Aerosolen ist unter diesen Bedingungen verfahrensbedingt gering.

Das alkalische Verzinken erfolgt galvanisch aus alkalischen Elektrolyten basierend zumeist auf Natriumhydroxid bei Raumtemperatur. Die Stromausbeute liegt deutlich unter 100%; es erfolgt daher eine höhere Wasserstoffentwicklung unter Bildung von Zink-Aerosolen im Vergleich zum sauren oder cyanidischen Verzinken. Zum alkalischen Verzinken zählt auch das Legierungsverfahren, bei dem komplexiertes Zink zusammen mit anderen Metallen auf der Basis organischer Komplexbildner abgeschieden wird.

Mithilfe der drei Verfahren abgeschiedene Zinkschicht ist eine eigenständige Beschichtung z. B. zu Dekorzwecken und als Korrosionsschutzschicht.

4.2.8 Veredeln mit Gold und Silber

Die galvanische Abscheidung von Goldüberzügen kann aus cyanidischen und, seltener, aus sulfidischen Systemen erfolgen. Goldschichten werden vornehmlich als Legierungen abgeschieden. Legierungselemente können Kupfer, Silber, Zink oder Nickel sein. Die Abscheidung von Silberüberzügen erfolgt in der Hauptsache aus cyanidhaltigen, alkalischen Elektrolyten.

Bei der Abscheidung aus alkalischen Lösungen liegen die Temperaturen zwischen 45 °C und 70 °C, bei den schwach sauren (pH 3 bis 5) bis stark sauren Elektrolyten (pH < 0,5) um 35 °C bis 40 °C. Die Abscheidung von Silberüberzügen erfolgt in der Hauptsache aus cyanidhaltigen, alkalischen Elektrolyten (pH 9 bis 13) und bei Raumtemperatur.

Elektrotechnische Bauteile im Durchlaufverfahren/Bandanlagen

Die Veredelung von elektrotechnischen Bauteilen geschieht zumeist in Durchlaufanlagen, d. h. die zu galvanisierenden Teile sind in einem Endlosband verbunden und durchlaufen kontinuierlich die jeweiligen Prozessschritte. Das Verfahren ist gekennzeichnet durch eine hohe Automatisierung, einen hohen Standardisierungsgrad sowie einen hohen Durchsatz.

Werkstücke unterschiedlicher Geometrien/Einzelbauteile

Beim Veredeln von Werkstücken unterschiedlicher Geometrien/Einzelbauteilen, wie z. B. elektrotechnische Bauteile, oder in der Besteckindustrie ist das Verfahren gekennzeichnet durch einen geringen Standardisierungsgrad. Hier finden manuelle, halbautomatische oder vollautomatische Prozesse (automatische, programmierte Beschickungseinrichtungen) Anwendung, dabei werden verschiedene Lastaufnahmemittel (z. B. Gestelle) an offenen oder halboffenen Prozessbehältern eingesetzt. Silber- oder Goldschichten sind Beschichtungen zu Kontaktierungszwecken, zu Dekorzwecken und zum Korrosionsschutz.

4.2.9 Verzinnen – sauer oder alkalisch

Für das galvanische Verzinnen werden generell zwei Arten von Elektrolyten eingesetzt: schwefelsaure Elektrolyte mit zweiwertigen Zinnverbindungen (Sulfate oder Fluorborate) und alkalische Elektrolyte mit vierwertigen Zinnverbindungen (Natrium- und Kaliumstannate).

Das Hauptanwendungsgebiet ist die Erzeugung von Weißblech für die Konserven- und Behälterindustrie. Anwendungsgebiete finden sich auch in der Elektro- und Elektronikindustrie, Kabelindustrie sowie in der Flugzeug- und Autoindustrie.

Die sauren Elektrolyte werden bei 20 °C bis 40 °C mit Stromausbeuten um 100 % betrieben, alkalische Elektrolyte bei 75 °C bis 85 °C mit Stromausbeuten von 75 % bis 95 %.

Band- und Drahtverzinnung im Durchlaufverfahren/Bandanlagen

Die Veredelung von Drähten und Bandmaterial geschieht in Durchlaufanlagen/Bandanlagen, d. h. die zu galvanisierenden Teile sind in einem Endlosband verbunden und durchlaufen kontinuierlich die jeweiligen Prozessschritte. Das Verfahren ist gekennzeichnet durch eine hohe Automatisierung, einen hohen Standardisierungsgrad sowie einen hohen Durchsatz.

Werkstücke unterschiedlicher Geometrien/Einzelbauteile

Beim Veredeln von Werkstücken unterschiedlicher Geometrien/Einzelbauteilen, z. B. zur Dekorativveredelung ist das Verfahren gekennzeichnet durch einen geringen Standardisierungsgrad. Hier finden manuelle, halbautomatische oder vollautomatischen Prozesse (automatische, programmierte Beschickungseinrichtungen) Anwendung, dabei werden verschiedene Lastaufnahmemittel (z. B. Gestelle) an offenen oder halboffenen Prozessbehältern eingesetzt.

4.2.10 Phosphatieren

Das Phosphatieren ist eine chemische Oberflächenbehandlung (ohne Strom), bei der unlösliche oder schwerlösliche Metallphosphatschichten gebildet werden. Phosphatieren dient in der Hauptsache als Korrosionsschutz sowie Haftgrund (Vorbehandlung) für Lacküberzüge und Kunststoff-Beschichtungen.

Die Phosphatierlösungen (pH-Werte um 1) enthalten Zinkphosphate, freie Phosphorsäure und Beschleuniger in Form von Nitriten, Nitraten, Chloraten oder Boraten. Die Arbeitstemperaturen liegen um 20 °C bis 50 °C.

Das Verfahren ist gekennzeichnet durch einen geringen Standardisierungsgrad. Es handelt sich um manuelle, halbautomatische und vollautomatische Prozesse (automatische, programmierte Beschickungseinrichtungen), dabei werden verschiedene Lastaufnahmemittel (z. B. Gestelle) an offenen bzw. halboffenen Prozessbehältern eingesetzt.

4.2.11 Eloxieren

Als Eloxieren wird die anodische Oxidation von Aluminium bezeichnet. Je nach Verfahren werden mehr oder weniger dicke, verschleißfeste Oxidschichten z. B. für Bauprofile, Teile in der Automobilindustrie oder bei der Herstellung von Reflektoren erzeugt. Hartanodisierte Teile finden Anwendung für verschleißfeste Oberflächen und in der Elektroindustrie.

Beim Eloxieren nach dem Schwefelsäureverfahren kommt Schwefelsäure mit einem Gehalt von 170 bis 230 g/l zur Anwendung. Die Elektrolyttemperatur beträgt 4 °C bis 22 °C. Beim Hartanodisieren sind Temperaturen um 0°C teils bis -10°C erforderlich.

Durch die Entwicklung von Wasserstoff an der Kathode entweichen Schwefelsäureaerosole in die Umgebungsluft über die gesamte Elektrolytoberfläche.

Es handelt sich um manuelle, halbautomatische und vollautomatischen Prozesse (automatische, programmierte Beschickungseinrichtungen), dabei werden verschiedene Lastaufnahmemittel (z. B. Gestelle, Krantraversen) an offenen bzw. halboffenen Prozessbehältern eingesetzt.

4.3 Verfahrensbeschreibung der Nachbehandlungsverfahren

4.3.1 Passivieren/Chromatieren

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

verbessert die Lackhaftung bei nachträglicher Lackierung. Durch das Passivieren werden u. a. transparente, glänzende, gelbe, olivfarbene, blaue und schwarze Deckschichten erzeugt.

Die meist schwefelsauren Chromatierlösungen (pH-Wert ca. 3,5) enthalten 1 bis 30 g/L Chromtrioxid. Beim Blaupassivieren werden dreiwertige Chromverbindungen (Chromsulfat) ggf. unter Zusatz von Cobaltsulfat eingesetzt (pH-Wert ca. 2).

Die Elektrolyttemperaturen betragen ca. 20 °C, eine relevante Wasserstoff- bzw. Aerosolentwicklung findet nicht statt.

Das Verfahren ist gekennzeichnet durch einen geringen Standardisierungsgrad. Es handelt sich um manuelle, halbautomatische und vollautomatischen Prozesse (automatische, programmierte Beschickungseinrichtungen), dabei werden verschiedene Lastaufnahmemittel (z. B. Gestelle) an offenen bzw. halboffenen Prozessbehältern eingesetzt.

4.3.2 Entmetallisieren (Entchromen)

Das Entmetallisieren ist notwendig, um eingesetzte Gestelle bzw. Gestellkontakte von Metallschichten zu befreien.

Das Entfernen einer oder mehrerer Metallschichten vom Grundwerkstoff erfolgt aber auch, wenn aufgetragene Beschichtungen fehlerhaft sind, ein Werkstück aufgearbeitet werden soll oder Edelmetalle gezielt in Lösung gebracht werden sollen, um sie zurückzugewinnen.

Die chemische und auch die galvanische Entmetallisierung basieren auf der Oxidation des zu entfernenden Metalls, entweder durch ein Oxidationsmittel oder (mit Strom) durch die Anodenreaktion.

Je nach Grundwerkstoff und zu entfernenden Metallschichten werden beim chemischen Entmetallisieren unterschiedliche Oxidationsmittel (u. a. Nitrobenzolsulfonsäure), Komplexbildner (u. a. Cyanide) bzw. Mineralsäuren eingesetzt, u. a.: Lösungen aus Nitrobenzolsulfonsäure/Natriumcyanid oder Nitrobenzolsulfonsäure/Schwefelsäure oder ausschließlich Salzsäure bzw. Salpetersäure.

Nachteilig beim chemischen Entmetallisieren ist die Entwicklung von gefährlichen Gasen und Dämpfen, z. B. giftige Nitrose Gase (Stickstoffdioxid und Stickstoffmonoxid) beim Einsatz von Salpetersäure.

Das Prinzip der elektrolytischen Entmetallisierung besteht in Umkehrung der galvanischen Metallabscheidung. Die Entmetallisierungslösungen entsprechen hierbei den Lösungen, aus denen die Metalle vorher abgeschieden wurden. Das Verfahren wird in der Praxis benutzt, wenn eine schnelle und saubere Ablösung gewünscht ist und danach erneut galvanisiert werden soll.

Die angewendeten Verfahren sind gekennzeichnet durch einen geringen Standardisierungsgrad. Es handelt sich in der Regel um manuelle Prozesse, dabei werden verschiedene Lastaufnahmemittel (z. B. Gestelle) an offenen oder halboffenen Prozessbehältern eingesetzt.

4.4 Beurteilungsmaßstäbe

Beurteilungsmaßstäbe im Sinne dieser DGUV Regel Branche Galvanik sind folgende verbindliche Grenzwerte:

- Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) nach der TRGS 900
- Grenzwerte in Anhang III der Richtlinie 2004/37/EG (BOELV)
- Risikobezogene Konzentrationen (Akzeptanzkonzentrationen, Toleranzkonzentrationen)
- [Risikobezogener Beurteilungsmaßstab für Chrom \(VI\) aus der TRGS 561](#) „Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen“

Darüber hinaus können nach entsprechend fachkundiger Bewertung u. a. folgende Beurteilungsmaßstäbe herangezogen werden, sofern keine verbindlichen Grenzwerte vorliegen:

- MAK-Werte (Maximale Arbeitsplatzkonzentration der DFG-Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe)
- Grenzwertvorschläge für chemische Belastungen am Arbeitsplatz anderer wissenschaftlicher Expertenkommissionen (z. B. ausländische Grenzwerte)
- DNELs (derived no effect levels) nach der REACH-Verordnung
Vorläufige Zielwerte, die Unternehmer und Unternehmerinnen im Rahmen ihrer Gefährdungsbeurteilung selbst festlegen (z. B. nach dem Konzept zur Ableitung von Arbeitsplatzrichtwerten (ARW) gemäß TRGS 901 „Begründungen und Erläuterungen zu Grenzwerten in der Luft am Arbeitsplatz.“)

4.5 Literaturverzeichnis

4.5.1 Verordnungen

Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (CLP)

Verordnung zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV)

Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln (Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV)

Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV)

Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen
(Strahlenschutzverordnung – StrlSchV)

Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Benutzung persönlicher Schutzausrüstungen bei der Arbeit (PSA Benutzungsverordnung – PSA-BV)

4.5.2 DGUV Vorschriften, Regeln, Informationen und Grundsätze

DGUV Vorschrift 1 „Grundlagen der Prävention“

DGUV Vorschrift 2 „Betriebsärzte und Fachkräfte für Arbeitssicherheit“

DGUV Vorschrift 3 und 4 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“

DGUV Vorschrift 15 und 16 „Elektromagnetische Felder“

DGUV Vorschrift 52 und 53 „Krane“

DGUV Regel 100-500 und 100/501 „Betreiben von Arbeitsmitteln“ Kapitel 2.1 „Hebebühnen“
Kapitel 2.11 Teil 1 „Arbeitsmaschinen Teil 3 „Zentrifugen“

DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“

DGUV Regel 112-189/989 „Benutzung von Schutzkleidung“

DGUV Regel 112-190 „Benutzung von Atemschutzgeräten“

DGUV Regel 112-192/992 „Benutzung von Augen- und Gesichtsschutz“

DGUV Regel 112.-195/995 „Benutzung von Schutzhandschuhen“

DGUV Regel 113-001 „Explosionsschutz-Regeln (ExRL)“

DGUV Regel 113-004 „Behälter, Silos und enge Räume“

DGUV Information 203-043 „Beeinflussung von Implantaten durch elektromagnetische Felder“

DGUV Information 204-006 „Anleitung zur Ersten Hilfe“

DGUV Information 204-022 „Erste Hilfe im Betrieb“

DGUV Information 209-009 „Galvanisieren“

DGUV Information 209-014 „Lackieren“

DGUV Information 209-088 „Reinigen von Werkstücken mit Reinigungsflüssigkeiten“

DGUV Information 213-716 „Galvanotechnik und Eloxieren“

DGUV Grundsatz 308-002 „Prüfung von Hebebühnen“

DGUV Grundsatz 308-003 „Prüfbuch für Hebebühnen“

DGUV Grundsatz 313-001 „Prüfbuch für Zentrifugen“

4.5.3 Technische Regeln für Gefahrstoffe

TRBA/TRGS 406 „Sensibilisierende Stoffe für die Atemwege“

TRGS 400 „Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“

TRGS 401 „Gefährdung durch Hautkontakt“

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

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

TRGS 500 „Schutzmaßnahmen“

TRGS 555 „Betriebsanweisung und Information der Beschäftigten“

TRGS 561 „Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen und Verbindungen“

TRGS 600 „Substitution“

TRGS 722 „Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre“

TRGS 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“

TRGS 905 „Verzeichnis krebserzeugender, keimzellmutagener oder reproduktionstoxischer Stoffe“

TRGS 907 „Verzeichnis sensibilisierender Stoffe und von Tätigkeiten mit sensibilisierenden Stoffen“

TRGS 910 „Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen“

4.5.4 Technische Regeln für Betriebssicherheit

TRBS 1201 „Prüfungen von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen“

TRBS 1203 „Befähigte Personen“

TRBS 1252 Teil 3 „Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre“

4.5.5 Technische Regeln für Arbeitsstätten

ASR V3a.2 „Barrierefreie Gestaltung von Arbeitsplätzen“

ASR A1.2 „Raumabmessungen und Bewegungsflächen“

ASR A1.3 „Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung“

ASR A2.3 „Fluchtwege und Notausgänge; Flucht und Rettungsplan“

ASR A4.3 „Erste-Hilfe-Räume, Mittel und Einrichtungen zur Ersten Hilfe“

4.5.6 Normen und weitere Schriften

VDE 0113-1:204-10 „Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen – Allgemeine Anforderungen“

DIN EN 12599:2013-01 „Lüftung von Gebäuden – Prüf- und Messverfahren für die Übergabe raumluftechnischer Anlagen“

VDI Richtlinie 2262 „Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz - Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe - Erfassen luftfremder Stoffe“
Blatt 4:2006-03

Leitfaden des ZVO (2016) zur Auslegung von Abluftanlagen an Galvanikanlagen

Handlungshilfe der BG ETEM Gefahrstoffe in der Galvanotechnik und Oberflächenveredelung (S 015)

Datenbank zur zentralen Erfassung gegenüber krebserzeugenden Stoffen exponierter Beschäftigter – ZED“ der DGUV (<https://zed.dguv.de>)