

**BGI 790-016 / DGUV Information 213-716 - Galvanotechnik und Eloxieren**  
BG/ BGIA-Empfehlungen für die Gefährdungsbeurteilung nach der Gefahrstoffverordnung  
Berufsgenossenschaftliche Informationen für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit (BGI)

(Ausgabe 04/2002;:: 10/2006)

---

**Berufsgenossenschaftliche Informationen (BG-Informationen)** enthalten Hinweise und Empfehlungen, die die praktische Anwendung von Regelungen zu einem bestimmten Sachgebiet oder Sachverhalt erleichtern sollen.

*BG-Informationen richten sich in erster Linie an den Unternehmer und sollen ihm Hilfestellung bei der Umsetzung seiner Pflichten aus staatlichen Arbeitsschutzvorschriften, Unfallverhütungsvorschriften und ggf. Regeln geben sowie Wege aufzeigen, wie Arbeitsunfälle, Berufskrankheiten und arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren vermieden werden können.*

*Der Unternehmer kann bei Beachtung der in den BG-Informationen enthaltenen Empfehlungen, insbesondere den beispielhaften Lösungsmöglichkeiten, davon ausgehen, dass er damit geeignete Maßnahmen zur Verhütung von Arbeitsunfällen, Berufskrankheiten und arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren getroffen hat. Andere Lösungen sind möglich, wenn Sicherheit und Gesundheitsschutz in gleicher Weise gewährleistet sind. Sind zur Konkretisierung staatlicher Arbeitsschutzvorschriften von den dafür eingerichteten Ausschüssen technische Regeln ermittelt worden, sind diese vorrangig zu beachten.*

### **Vorbemerkung**

BG/BGIA-Empfehlungen für die Gefährdungsbeurteilung nach der Gefahrstoffverordnung werden von

- **den gewerblichen Berufsgenossenschaften (BG)**  
und
- **dem Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitsschutz - BGIA**

in Abstimmung mit den Ländern und der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) herausgegeben. Sie haben das Ziel, den Unternehmen eine Hilfe für den auf Tätigkeiten mit Gefahrstoffen bezogenen Teil der Gefährdungsbeurteilung zu geben und

werden als BG-Informationen in das Sammelwerk des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften unter der Bestellnummer BGI 790-001 ff. aufgenommen.

Diese BG/BGIA-Empfehlungen wurden erarbeitet in Zusammenarbeit zwischen

- Fachausschuss "Metall und Oberflächenbehandlung" (FA MO), Arbeitsgebiet: Galvanotechnik, Hannover,
- Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik (BGFE), Köln,
- Vereinigung der Metall-Berufsgenossenschaften (VMBG), Düsseldorf,
- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund.

## 1 Anwendungsbereich

Diese BG/BGIA-Empfehlungen geben Verfahrensweisen, - und Schutzmaßnahmen in Arbeitsbereichen der Oberflächenveredelung, Galvanotechnik und beim Eloxieren an, bei denen für Stoffe mit Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) dessen Einhaltung sichergestellt ist. Bei Stoffen ohne AGW wird in diesen Empfehlungen der Stand der Technik beschrieben.

Diese BG/BGIA-Empfehlungen gelten für Arbeitsbereiche, in denen im Tauchverfahren Metall- und/oder Kunststoffteile beschichtet oder Aluminiumteile im Eloxalverfahren behandelt werden.

Sie gelten für:

- Vorbehandlungsverfahren
  - Polieren, Glänzen,
  - Alkalische Entfettung,
  - Elektrolytische Entfettung,
  - Dekapieren,
  - Beizen im Verfahrensablauf des galvanischen Beschichtens (Badgröße: L < 12 m, B < 1,2 m),
- Beschichtungsverfahren
  - Glanzverchromen,

- Hartverchromen,
  - Chromatieren,
  - Vernickeln, Glanznickel/Halbglanznickel,
  - Vernickeln - chemisch,
  - Verkupfern,
  - Verzinken,
- Eloxieren (Schwefelsäureverfahren).

Diese BG/BGIA-Empfehlungen gelten nicht für Verfahren bei der Leiterplattenherstellung, beim Lackieren und beim Feuerverzinken sowie beim Betrieb von Bandbeschichtungsanlagen.

## 2 Begriffsbestimmungen

Im Sinne dieser BG-Information werden folgende Begriffe bestimmt:

1. Unter **Galvanotechnik** wird im Folgenden das galvanische (elektrochemische) und das außenstromlose (chemische) Aufbringen von metallischen und nichtmetallischen Schichten auf metallische sowie nichtmetallische Oberflächen im Tauchverfahren verstanden, bei der die Teile auf Gestellen oder in Behältern (Trommeln, Körben, Glocken) behandelt werden.
2. Als **Randabsaugung** werden Lüftungstechnische Einrichtungen zur Erfassung von Aerosolen oder gasförmigen Schadstoffen bezeichnet, die verfahrensbedingt freigesetzt werden. Die Erfassungselemente der Randabsaugung (Absaugstege) sind in der Regel einseitig oder auf zwei gegenüberliegenden Seiten unterhalb des Beckenrands angebracht.
3. **Netzmittel** sind oberflächenaktive Badzusätze zum Verringern der Oberflächenspannung. Bei geeigneter Dosierung wird dadurch die Emission von Aerosolen stark reduziert.
4. Die **Stromdichte (A/m<sup>2</sup>)** gibt die Strommenge je Flächeneinheit von Anode bzw. Kathode an. Im Folgenden ist jeweils die kathodische Stromdichte gemeint. Beim Eloxieren wird die anodische Stromdichte angegeben.

## 3 Arbeitsverfahren/ Anlagentechnik

Einzelne Parameter der Arbeitsverfahren und Anlagentechnik, wie Konzentration, Temperatur und Stromdichte, können bei den jeweiligen Beschichtungsverfahren stark variieren. Typische Werte werden bei einzelnen Verfahren aufgeführt.

*Siehe Broschüre "Gefahrstoffe in der Galvanotechnik und der Oberflächenveredelung".*

### **3.1 Vorbehandlungsverfahren**

#### **3.1.1 Polieren, Glänzen**

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

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

#### **3.1.2 Alkalische Entfettung**

Beim Entfetten oder Reinigen werden Oberflächen von Fetten, Ölen, Wachsen und anderen Schmutzschichten befreit. Das alkalische Reinigen erfolgt im Allgemeinen mit Natronlauge mit Konzentrationen bis 50 g/L Natriumhydroxid, gegebenenfalls bei Temperaturen bis 80 °C als Abkochentfettung, unter Anwendung von Ultraschall oder besonderer Waschverfahren, z.B. Druckflutung.

#### **3.1.3 Elektrolytische Entfettung**

Dieses Verfahren wird angewendet, wenn hohe Ansprüche an die Reinheit der Oberfläche gestellt werden. Die Werkstücke werden bei Stromdichten von 5 bis 15 A/dm<sup>2</sup> als Anode oder als Kathode geschaltet, wobei eine lebhafte Gasentwicklung (Sauerstoff bzw. Wasserstoff) stattfindet. Durch die Gasentwicklung wird einerseits die Reinigungswirkung unterstützt, andererseits wird dadurch eine Aerosolemission verursacht. Es werden fast ausschließlich alkalische Elektrolyte angewandt. Diese können rein alkalisch (bis 100 g/L Natriumhydroxid) oder cyanidisch (bis 30 g/L Natriumcyanid) sein. Der Einsatz von Netzmitteln trägt zur Emissionsminderung bei. Auf Grund der Schaumbildung durch Wasserstoff- und Sauerstoffbläschen kann es zu Explosionen kommen, wenn ein Zündfunke (Abreißfunke) entsteht.

#### **3.1.4 Dekapieren**

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

Für das Dekapieren werden verdünnte Säuren (Salzsäure oder Schwefelsäure, ca. 5 %ig) eingesetzt. Vor dem Einbringen von Werkstücken in einen cyanidischen Elektrolyten wird gegebenenfalls in einer alkalisch/cyanidischen Lösung mit bis zu 30 g/L freien Cyaniden dekapiert.

### **3.1.5 Beizen**

Beizen ist das Entfernen von Oxiden und anderen Metallverbindungen von der Werkstückoberfläche. Es kann chemisch oder elektrolytisch erfolgen. Werden Kupferwerkstoffe mit Salpetersäure gebeizt, spricht man vom Brennen. Zum Beizen werden Salzsäure (ca. 20 %ig), Schwefelsäure (15 bis 50 %ig) und Phosphorsäure (ca. 20 %ig) eingesetzt. Für Aluminium wird Natronlauge verwendet. Wasserstoffentwicklung, Badtemperatur und Badbewegung verursachen eine mehr oder weniger starke Aerosolbildung.

## **3.2 Beschichtungsverfahren**

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

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

Bei den chemischen Verfahren werden die Überzüge aus einer Metallsalzlösung ohne Anlegen einer Fremdspannung abgeschieden. Die Abscheidung geschieht durch Ladungsaustausch. Das unedlere Metall geht in Lösung bzw. 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**

Dies ist die direkte Abscheidung von dickeren Chromschichten ohne Zwischenschicht. Die Werkstücke müssen sorgfältig vorbehandelt werden. Gegenüber dem Glanzverchromen benötigt man einen höheren Fremdsäuregehalt (um 1 %), einen niedrigeren Chromsäuregehalt (240 bis 280 g/L Chromtrioxid) und höhere Stromdichten (40 bis 50 A/dm<sup>2</sup>). Die Badtemperatur liegt zwischen 55 und 60 °C. Die Stromausbeute beträgt maximal 30 %. Hiermit verbunden ist eine hohe Wasserstoffentwicklung, folglich ein größerer Austrag von Chromsäureaerosolen in die Luft am Arbeitsplatz.

### **3.2.2 Glanzverchromen**

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

Für die Glanzverchromung verwendet man vorzugsweise Elektrolyte mit einer Konzentration von 320 bis 380 g/L Chromtrioxid. Die Stromdichten liegen zwischen 10 und 15 A/dm<sup>2</sup>. Die Stromausbeute beträgt 10 bis 20 %, die Badtemperatur beträgt ca. 40 °C.

Die Wasserstoffentwicklung und damit der Austrag von Chromsäureaerosolen in die Luft am Arbeitsplatz ist verfahrensbedingt nicht so ausgeprägt wie beim Hartverchromen.

### **3.2.3 Chromatieren**

Das Chromatieren ist ein häufig nach dem Verzinken eingesetztes Nachbehandlungsverfahren, bei dem die Werkstücke ohne Anlegen einer Fremdspannung behandelt werden. Durch das Chromatieren werden unter anderem transparente, glänzende, gelbe, olivfarbene, blaue und schwarze Deckschichten erzeugt. Sie dienen als Korrosions- und Anlaufschutz und verbessern die Lackhaftung bei nachträglicher Lackierung. Die meist schwefelsauren Chromatierlösungen enthalten 1 bis 30 g/L Chromtrioxid. Die Badtemperatur beträgt ca. 20 °C, eine Aerosolbildung findet nicht statt. Beim Blauchromatieren werden auch dreiwertige Chromverbindungen (Chromsulfat) eingesetzt.

### **3.2.4 Vernickeln, Glanznickel/ Halbglanznickel**

Diese Beschichtung erfolgt galvanisch, ausschließlich aus sauren, meist schwefelsauren Elektrolyten. Die Badtemperatur beträgt in der Regel 60 bis 65 °C, die Stromausbeute ca. 95 %. Damit bleiben Wasserstoffentwicklung und Aerosolbildung rein verfahrensbedingt gering. Badbewegungen bzw. Lufteinblasung können allerdings Auswirkungen auf den Nickelaerosolgehalt in der Luft am Arbeitsplatz haben.

### **3.2.5 Vernickeln - chemisch**

Das chemische Vernickeln erfolgt ohne Anlegen einer Fremdspannung, in der Regel mit Natriumhypophosphit als Reduktionsmittel. Die Badtemperatur beträgt ca. 95 °C. Im Gegensatz zum galvanischen Vernickeln kommt es zu verstärkter Wasserstoffentwicklung und Aerosolbildung.

### **3.2.6 Verkupfern - cyanidisch**

Das cyanidische Verkupfern erfolgt aus einem alkalischen, kupfercyanidhaltigen Elektrolyten (bis 40 g/L freie Cyanide). Als Alkalien werden Kaliumhydroxid oder Natriumhydroxid eingesetzt (bis 20 g/L). Die Badtemperatur beträgt 35 bis 45 °C. Die Aerosolbildung ist verfahrensbedingt gering. Unter bestimmten Bedingungen, wie abgeschalteter Absaugung, Kohlendioxid-Eintrag aus der Luft bei

längeren Stillstandszeiten oder Einschleppen von Säuren muss mit der Bildung von kritischen Cyanwasserstoffkonzentrationen in der Luft am Arbeitsplatz gerechnet werden.

### **3.2.7 Verkupfern - sauer**

Saure Kupferelektrolyte enthalten zumeist Schwefelsäure und Leitsalze auf Sulfatbasis. Einige saure Elektrolyte enthalten Fluorborat oder Methansulfonat. Die Kupferkonzentration -liegt zwischen 40 und 65 g/L, in speziellen Elektrolyten (Leiterplatten) weit darunter (18 bis 25 g/L). Die Badtemperatur liegt bei ca. 20 bis 35 °C. Eine Aerosolbildung findet nicht statt, außer beim Betrieb von luftbewegten Bädern. Erfahrungsgemäß ist dabei eine Exposition vernachlässigbar gering.

### **3.2.8 Verzinken - cyanidisch**

Beim cyanidischen Verzinken wird Zink galvanisch aus einem Elektrolyten, hergestellt aus Zinkoxid (8 bis 13 g/L), Kaliumcyanid (65 g/L) und Natriumhydroxid (70 bis 75 g/L), abgeschieden. Die Badtemperatur beträgt ca. 20 °C. Die Aerosolbildung ist verfahrensbedingt gering. Auch hier muss unter bestimmten Bedingungen mit der Bildung von kritischen Cyanwasserstoffkonzentrationen in der Luft am Arbeitsplatz gerechnet werden.

### **3.2.9 Verzinken - sauer**

Klassische saure Zinkelektrolyte beruhen auf Sulfat- oder Chloridbasis. Stark saure Elektrolyte ( $\text{pH} < 3$ ) . werden vor allem für einfache Geometrien (Draht, Rohr, Band) eingesetzt. Schwach saure ( $\text{pH} > 3$ ) Elektrolyte enthalten zur Verbesserung von Streuung und Leitfähigkeit häufig Kaliumchlorid. Die Stromausbeute liegt bei 98 bis 100 %, eine Gasentwicklung ist nicht zu erkennen. Die Zinkkonzentrationen liegen in stark sauren Elektrolyten bei 140 bis 190 g/L, in schwach sauren dagegen bei 15 bis 45 g/L. Die Badtemperatur beträgt ca. 20 bis 35 °C. Eine Aerosolbildung findet nicht statt, außer beim Betrieb von luftbewegten Bädern.

## **3.3 Eloxieren**

Als Eloxieren wird die anodische Oxidation von Aluminium bezeichnet. Je nach Verfahren werden mehr oder weniger dicke, verschleißfeste Oxidschichten erhalten. Beim Eloxieren wird unterschieden zwischen dem Schwefelsäure- und dem Oxalsäureverfahren, die in der Regel mit Gleichstrom, seltener mit Wechselstrom betrieben werden.

### **3.3.1 Schwefelsäureverfahren (Gleichstrom)**

Die Elektrolyte enthalten 170 bis 230 g/L Schwefelsäure. Die Badtemperatur beträgt 4 bis 22 °C. Es kommen Stromdichten von 0,5 bis 2,5 A/dm<sup>2</sup> zur Anwendung.

### **3.3.2 Oxalsäureverfahren (Gleichstrom)**

Die Elektrolyte enthalten bis 80 g/L Oxalsäure. Die Badtemperatur beträgt 20 bis 60 °C. Es kommen Stromdichten von 1 bis 2 A/dm<sup>2</sup> zur Anwendung.

### **3.4 Anlagentechniken**

Folgende Anlagentechniken werden unterschieden:

#### **3.4.1 Manuell bediente Anlagen**

Die Werkstücke werden von Hand in das Bad eingehängt. Kleine Werkstücke werden an speziellen Gestellen hängend eingetaucht.

#### **3.4.2 Badbedienung mit Hebezeug, Kran oder von Hand betätigtem Beschickungsgerät**

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

#### **3.4.3 Automatische Anlagen**

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

Das Eintauchen der Werkstücke kann für große Teile, z.B. Walzen oder Wellen, einzeln mittels Kran erfolgen; bei Massenartikeln und je nach Oberflächenbehandlung kann dies auch mittels Gestellen als automatische Gestellanlagen oder Einhängetrommeln als Trommelanlage geschehen. Zur Erzielung der geforderten Oberflächenqualität kann es notwendig sein, dass die im Beschickungsbad eingehängten Werkstücke durch eine Vorrichtung an der Kathodenschiene bewegt werden oder aber die Anode als Wanderanode z.B. bei großflächigen Blechen oder Zylindern bewegt wird. Um mit höheren Stromdichten arbeiten zu können, kann auch eine Elektrolytbewegung angewandt werden. Dies erfolgt durch Umpumpen oder durch das Einblasen von gereinigter Druckluft.

### **4 Gefahrstoffexposition**

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

- den als Elektrolyt eingesetzten Stoffen/Zubereitungen und dem Einsatz von Netzmitteln
- der Konzentration der Einsatzstoffe im Bad
- der eingesetzten Anlagentechnik



- den Verfahrensparametern wie Temperatur, Luftenblasung, Stromdichte und -ausbeute
- den Lüftungstechnischen Verhältnissen, z.B. Badabsaugung, Raumlüftung
- der Aufenthaltsdauer/Expositionszeit.

#### 4.1 Gefahrstoffe

In Tabelle 1 sind die relevanten Gefahrstoffe und deren Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) aufgeführt

Siehe Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 900 "Arbeitsplatzgrenzwerte".

**Tabelle 1 : Gefahrstoffe, Arbeitsplatzgrenzwerte und Spitzenbegrenzung**

Gefahrstoff	Arbeitsplatzgrenzwert mg/m <sup>3</sup>	Spitzenbegrenzung; Überschreitungsfaktor
Chlorwasserstoff	-	-
Chrom(VI)-Verbindungen	-	-
Cyanide (als CN berechnet)	**	**
Cyanwasserstoff	-	-
Fluoride (als Fluor berechnet)	2,50 E	2 (II)
Fluoride und Fluorwasserstoff (gleichzeitig)	-	-
Fluorwasserstoff	**	**
Natriumhydroxid	-	-
Nickel in Form atembarer Tröpfchen	-	-
Phosphorsäure (Orthophosphorsäure)	**	**
Salpetersäure	5,20	1 (I)
Schwefelsäure*	*	*

E: einatembare Fraktion

\* Überprüfung durch die Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe (MAK-Kommission)

\*\* Bearbeitung durch den Unterausschuss III (UA III) des Ausschusses für Gefahrstoffe (AGS)

Nickel in Form atembarer Tröpfchen und Chrom(VI)-Verbindungen sind als krebserzeugend, Kategorie 1, eingestuft. Technische Richtkonzentrationen für diese Stoffe galten bis zum 31. Dezember 2004, Arbeitsplatzgrenzwerte liegen für diese Stoffe derzeit nicht vor.

#### **4.2 Bewertung der Gefahrstoffexposition**

Ergebnisse von Auswertungen verschiedener Expositionsmessungen sind im Anhang dargestellt. Auswertungen aus der MEGA-Datenbank (Messdaten zur Exposition gegenüber Gefahrstoffen am Arbeitsplatz) von zehn Berufsgenossenschaften im Zeitraum von 2001 bis 2004 wurden nach folgenden Kriterien aufgeführt (siehe Tabelle 2 des Anhangs):

- Verfahren,
- Gefahrstoffe,
- Probenahmeort - Probenahme an der Person oder stationäre Probenahme,
- Anzahl der Betriebe,
- Anzahl der Messdaten,
- Perzentile (50 und 95).

In Tabelle 3 (siehe Anhang) sind die Ergebnisse des Forschungsprojektes "Stoffbelastungen in galvanotechnischen Betrieben" der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) nach den gleichen Kriterien zusammengefasst.

Bei den Auswertungen in den Tabellen 2 und 3 wurden nur Daten berücksichtigt, bei denen die Probenahme- und Expositionsdauer über einer Stunde lag.

Die Empfehlungen entsprechen dem Stand der Technik. Wird entsprechend diesen Empfehlungen gearbeitet und ist der bestimmungsgemäße Betrieb der Anlage sichergestellt, sind für Fluoride und Salpetersäure die Arbeitsplatzgrenzwerte eingehalten. Für andere Stoffe ohne Grenzwert werden die 95-Perzentile als Beurteilungsmaßstab herangezogen; diese Werte beschreiben die Exposition nach dem Stand der Technik (siehe Tabelle 2).

Die Bewertung der Messergebnisse der verschiedenen Verfahren in der Galvanik wird im Folgenden dargestellt. Die nachfolgenden Ausführungen gelten, sofern die im fünften Absatz aufgeführten Maßnahmen vorhanden sind und deren Wirksamkeit nachgewiesen ist.

Wird in den Arbeitsbereichen mit anderen als den in diesen Empfehlungen genannten Stoffen gearbeitet, so sind diese in der Gefährdungsbeurteilung zu berücksichtigen.

#### **4.2.1 Vorbehandlung/ Entfettung**

Bei der Vorbehandlung und Entfettung werden die Arbeitsplatzgrenzwerte für Fluoride und Salpetersäure eingehalten. Für die anderen Stoffe liegen die Belastungen unter den in Tabelle 2 angegebenen 95-Perzentilen.

#### **4.2.2 Hartverchromen**

Beim Hartverchromen treten keine Stoffe mit Arbeitsplatzgrenzwert auf. Für Chrom(VI)-Verbindungen und Schwefelsäure liegen die Belastungen unter den in Tabelle 2 angegebenen 95-Perzentilen.

Belastungen oberhalb des 95-Perzentils treten auf, wenn

- die Absaugschlitze der Absauganlagen durch Anoden verbaut oder durch Salzbildungen verkrustet sind,
- die Absaugrohre durch die aggressive Chromsäure korrodiert sind,
- der Abstand zwischen der Badoberfläche und den Absaugschlitzen zu gering ist,
- die Netzmittel entweder zu gering dosiert oder bereits erschöpft sind (kein zusammenhängender Schaumteppich).

#### **4.2.3 Glanzverchromen**

Beim Glanzverchromen treten keine Stoffe mit Arbeitsplatzgrenzwert auf. Für Chrom(VI)-Verbindungen und Schwefelsäure liegen die Belastungen unter den in Tabelle 2 angegebenen 95-Perzentilen.

#### **4.2.4 Chromatieren**

Beim Chromatieren treten neben Salpetersäure keine Stoffe mit Arbeitsplatzgrenzwert auf. Bedingt durch die geringe Anzahl der Messdaten ist für Salpetersäure keine Bewertung möglich. Die vorliegenden Messdaten liegen unterhalb eines Zehntels des Arbeitsplatzgrenzwertes.

Für Chrom(VI)-Verbindungen liegen die Belastungen unter den in Tabelle 2 angegebenen 95-Perzentilen. Verfahrensbedingt treten keine chrom(VI)haltigen Aerosole auf (Ausnahme: luftbewegte Bäder).

Für Schwefelsäure liegt nur ein Messwert vor, eine Bewertung ist daher nicht möglich.

#### **4.2.5 Vernickeln, Glanznickel/ Halbglanznickel**

Beim Vernickeln treten keine Stoffe mit Arbeitsplatzgrenzwert auf. Für Nickel in Form atembarer Tröpfchen, Schwefelsäure und Chlorwasserstoff liegen die Belastungen unter den in Tabelle 2 angegebenen 95-Perzentilen.

#### **4.2.6 Vernickeln - chemisch**

Beim chemischen Vernickeln treten keine Stoffe mit Arbeitsplatzgrenzwert auf. Für Nickel in Form atembarer Tröpfchen liegt die Belastung unter dem in Tabelle 2 angegebenen 95-Perzentil.

Belastungen oberhalb des 95-Perzentils treten auf, wenn

- die Absaugschlitze der Absauganlagen verbaut oder durch Salzbildungen verkrustet sind
- der Abstand zwischen der Badoberfläche und den Absaugschlitzen zu gering ist.

Bei stationären Messungen wurden höhere Konzentrationen als bei den Messungen an der Person ermittelt. Diese stellen den worstcase unmittelbar neben dem Bad dar. Belastungen der Beschäftigten in dieser Höhe sind nur kurzzeitig zu erwarten.

#### **4.2.7 Verkupfern - cyanidisch**

Beim cyanidischen Verkupfern treten keine Stoffe mit Arbeitsplatzgrenzwert auf. Für Cyanwasserstoff liegt die Belastung unter dem in Tabelle 2 angegebenen 95-Perzentil.

#### **4.2.8 Verkupfern - sauer**

Beim sauren Verkupfern treten keine Stoffe mit Arbeitsplatzgrenzwert auf. Für Schwefelsäure liegt die Belastung unter dem in Tabelle 2 angegebenen 95-Perzentil.

#### **4.2.9 Verzinken - cyanidisch**

Beim cyanidischen Verzinken treten keine Stoffe mit Arbeitsplatzgrenzwert auf. Für Cyanwasserstoff liegt die Belastung unter dem in Tabelle 2 angegebenen 95-Perzentil.

#### **4.2.10 Verzinken - sauer**

Verfahrensbedingt treten beim sauren Verzinken keine Aerosole auf. Daher wurden keine Messungen durchgeführt.

#### **4.2.11 Eloxieren**

Beim Eloxieren treten keine Stoffe mit Arbeitsplatzgrenzwert auf. Für Schwefelsäure liegt die Belastung unter dem in Tabelle 2 angegebenen 95-Perzentil.

### **5 Schutzmaßnahmen**

Auf Grund der dargestellten Ergebnisse sind keine Expositionsmessungen erforderlich, wenn die nachfolgend beschriebenen Bedingungen erfüllt sind:

#### **5.1 Allgemeine Schutzmaßnahmen**

##### **5.1.1 Technische Maßnahmen**

Technische Schutzmaßnahmen sind z.B.

- wirksame Absaugungen, z.B. Randabsaugung, mit technischer Funktionsüberwachung an allen Bädern, außer beim sauren Verzinken und Verkupfern, Chromatieren ohne Lufteinblasung, Spülen und Dekapieren,
- ausreichende technische Raumlüftung (Ausgleich der Luftbilanz, Versorgung der Arbeitsbereiche mit Frischluft),
- gegebenenfalls Einsatz von Elektrolytabdeckungen (Netzmittel).

Hinweise zu Schutzmaßnahmen gibt die BGR-Regel "Arbeitsplatzlüftung - Lufttechnische Maßnahmen" (BGR 121), die VDI-Richtlinie 2262 Blatt 3 "Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz, Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe" und der "Leitfaden zur Auslegung von Abluftanlagen an Galvanikanlagen".

##### **5.1.2 Organisatorische Maßnahmen**

Organisatorische Schutzmaßnahmen sind z.B.

- Absaugschlitze durch Anoden oder Material nicht verdecken,
- Einhaltung der vorgeschriebenen Badparameter nach Angabe in der Produktbeschreibung, z.B. Füllstand, Temperatur, Stromdichte und ähnliches.
- regelmäßige - mindestens jährliche - Prüfung der Lüftungstechnischen Einrichtungen im Arbeitsbereich durch einen Sachkundigen mit Dokumentation der Prüfungsergebnisse,
- regelmäßige Reinigung der Absaugkanäle und Absaugschlitze, insbesondere Entfernung der Verkrustungen,
- sofortiges Beseitigen von Korrosionsschäden,
- tägliche Funktionsprüfung der Absauganlage nach Herstellerangabe.

### 5.1.3 Persönliche Schutzmaßnahmen

Bei Arbeiten an Bädern sind zu benutzen:

- Säureschutzkleidung,
- Schutzbrille/Gesichtsschutz,
- Stiefel,
- säurefeste Schutzhandschuhe,
- Gummischürze.

Die erforderlichen persönlichen Schutzausrüstungen müssen zur Verfügung stehen. Zur richtigen Auswahl der persönlichen Schutzausrüstungen und zum Hautschutz muss eine Gefährdungsermittlung durchgeführt werden; siehe auch Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 401 "Gefährdung durch Hautkontakt", die BG-Regeln "Einsatz von Schutzkleidung" (BGR 189) und "Benutzung von Hautschutz" (BGR 197).

Die Beschäftigten sind durch regelmäßige Unterweisungen hinsichtlich der Einhaltung der Schutzmaßnahmen zu schulen. Hierbei ist auf folgende Punkte besonders zu achten:

- Schutz, Reinigung und Pflege der Haut unter Einhaltung eines Hautschutzplanes vor Arbeitsbeginn, vor jeder Pause und am Ende des Arbeitstages.
- Tragen der richtigen Handschuhe unter Einhaltung der Tragezeitbegrenzung.

- Sofortiger Wechsel beschädigter (defekter) Handschuhe.
- Sofortiger Wechsel von durchtränkter oder beschmutzter Arbeitskleidung.

## **5.2 Ansetzen von Bädern, Ab- und Umfüllen, Reinigungsarbeiten**

Kurzzeitig können erhöhte Gefahrstoffkonzentrationen auftreten, unter anderem:

- beim Ansetzen von Bädern,
- beim Ab- und Umfüllen von Elektrolyten sowie Säuren und - Laugen, z.B. bei Badkorrekturen (Nachschärfen),
- beim Zusetzen staubender Substanzen, z.B. Chromtrioxid, Nickelsulfat, Farbzusätze,
- bei Reinigungsarbeiten A und in Behältern.

Hierbei sind möglichst verfahrenstechnische Maßnahmen zur Minimierung der Exposition zu ergreifen, z.B.:

- fest verlegte Rohrleitungen zu den Bädern,
- Verwenden von Umfüll- und Dosiereinrichtungen,
- Einsatz von Fertigansätzen oder Elektrolytkonzentraten.

Vor dem Einsteigen in Behälter müssen diese gründlich gereinigt und gespült werden. Die notwendigen Schutzmaßnahmen zum Einsteigen in Behälter (Befahrerlaubnis, zweite Person, Sicherung des in den Behälter einsteigenden Beschäftigten etc.) sind vorher schriftlich festzulegen; siehe auch BG-Regel "Arbeiten in Behältern, Silos und engen Räumen" (BGR 117-1) und BG-Information "Reinigen von Behältern" (BGI 874).

Die erforderliche persönliche Schutzausrüstung muss zur Verfügung stehen (siehe Abschnitt 5.1.3) und von den Beschäftigten benutzt werden.

Atemschutz muss auf den Gefahrstoff abgestimmt sein. Die Tragezeitbegrenzungen gemäß der BG-Regel "Benutzung von Atemschutzgeräten" (BGR 190) sind zu beachten. Für Beschäftigte, die Atemschutz tragen müssen, sind gegebenenfalls arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen durchzuführen; siehe Unfallverhütungsvorschrift "Grundsätze der Prävention" (BGV A1).

## **6 Anwendungshinweise**

Der Anwender dieser BG/BGIA-Empfehlungen hat bei Verfahrensänderungen und ansonsten regelmäßig, mindestens jedoch einmal jährlich, die Gültigkeit der Voraussetzungen zu überprüfen und das Ergebnis zu dokumentieren. Hierzu zählt unter anderem die Prüfung der unveränderten Gültigkeit dieser BG/BGIA-Empfehlungen.

Die Überprüfung erfolgt im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung nach § 7 der Gefahrstoffverordnung.

BG/BGIA-Empfehlungen geben dem Arbeitgeber praxisgerechte Hinweise, wie er sicherstellen kann, dass die Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) eingehalten sind bzw. der Stand der Technik erreicht ist, wenn keine AGW vorhanden sind. Bei Anwendung dieser BG/BGIA-Empfehlungen bleiben andere Anforderungen der Gefahrstoffverordnung, insbesondere die Informationsermittlung (§ 7), die Verpflichtung zur Beachtung der Rangordnung der Schutzmaßnahmen (§ 9), die Verpflichtung zur Erstellung von Betriebsanweisungen und zur regelmäßigen Unterweisung der Beschäftigten (§ 14) sowie zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (§§ 15 und 16) bestehen.

## **7 Überprüfung**

Diese BG/BGIA-Empfehlungen sind im April 2002 erstmals veröffentlicht, im Zeitraum 2004 bis 2006 überarbeitet und im Oktober 2006 in der vorliegenden Fassung veröffentlicht worden. Sie werden in dreijährigen Abständen überprüft und bei erforderlichen Änderungen überarbeitet.

## **8 Weiterführende Literatur**

Gefahrstoffverordnung (GefStoffV),

Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS), insbesondere

TRGS 401 "Gefährdung durch Hautkontakt - Ermittlung, Beurteilung, Maßnahmen",

TRGS 900 "Arbeitsplatzgrenzwerte",

Unfallverhütungsvorschrift "Grundsätze der Prävention" (BGV A1),

BG-Regel "Arbeiten in Behältern, Silos und engen Räumen" (BGR 117-1),

BG-Regel "Arbeitsplatzlüftung - Lufttechnische Maßnahmen (BGR 121),

BG-Regel "Einsatz von Schutzkleidung" (BGR 189),



BG-Regel ~"Benutzung von Hautschutz" (BGR 197),

BG-Regel "Benutzung von Atemschutzgeräten" (BGR 190),

BG-Informationen "Reinigen von Behältern" (BGI 874),

VDI-Richtlinie 2262, Blatt 3 "Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz, Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe, Lufttechnische Maßnahmen",

Gefahrstoffe in .der Galvanotechnik und der Oberflächenveredelung. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik, Köln. Bestell-Nr. S 15,

Macho, K.: Galvanikindustrie: Chromat-Aerosole als Belastungsschwerpunkt identifiziert, Teil 1: Verfahren und Expositionsschwerpunkte. Amtliche Mitteilung der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin - BAuA, Dortmund (2000) Nr. 2, S. 3-5,

Macho, K.: Galvanikindustrie: Chromat-Aerosole als Belastungsschwerpunkt identifiziert, Teil 2: Messergebnisse und Maßnahmefindung. Amtliche Mitteilung der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin - BAuA, Dortmund (2000) Nr. 3, S. 3-5,

Leitfaden zur Auslegung von Abluftanlagen an Galvanikanlagen. Hrsg.: Fachverband Oberflächentechnik (FVO), Hilden.

Die zitierten Arbeitsschutznormen sind in der jeweils aktuellen Fassung anzuwenden.

Die Technischen Regeln für Gefahrstoffe werden im Bundesarbeitsblatt veröffentlicht.

.

<b>Gefahrstoffbelastungen bei der Oberflächenveredelung - Galvanotechnik und Eloxieren</b>
--

<b>Anhang</b>
---------------

Diese BG/BGIA-Empfehlungen beruhen auf Auswertungen von Arbeitsplatzmessungen bei der Oberflächenveredelung - Galvanotechnik und Eloxieren.

Die Messungen erfolgten mit den im Berufsgenossenschaftlichen Messsystem Gefahrstoffe (BGMG) anerkannten Probenahmesystemen. Während der mindestens zweistündigen Messungen wurden die üblichen Arbeiten durchgeführt.

Tabelle 2 enthält die statistisch ausgewerteten Arbeitsplatzkonzentrationen für den Zeitraum 2001 bis 2004; Tabelle 3 stellt die Ergebnisse der Untersuchungen der BAuA aus dem Jahre 1997 dar.

**Tabelle 2 : Ergebnisse der MEGA-Datenbankauswertung (Galvanik) 2001 bis 2004**

Verfahren/ Bäder mit Erfassung	Gefahrstoff Art der Probenahme: an der Person	Anzahl der Betriebe	Anzahl der Messdaten	50%-Wert in mg/m <sup>3</sup>	95%-Wert in mg/m <sup>3</sup>
Vorbehandlung/ Entfettung	Chlorwasserstoff	6	6	< 0,3	
	Schwefelsäure	6	7	von < 0,01 bis , 0,16	
	Salpetersäure	5	6	von < 0,3 bis < 0,7	
	Fluoride und Fluorwasserstoff	5	7	von < 0,15 bis 0,64	
	Natriumhydroxid	9	11	0,03	0,22
Glanzverchromen (Chrombad)	Chrom(VI)- Verbindungen	8	9	von < 0,0033 bis 0,0058	
	Schwefelsäure	2	2	0,013 und 0,016	
Hartverchromen (Chrombad)	Chrom(VI)- Verbindungen	29	48	0,006	0,0464
	Schwefelsäure	6	10	0,01	0,0125
Chromatieren (Chromatierbad)	Chrom(VI)- Verbindungen	8	14	0,004	0,004
	Schwefelsäure	1	1	-	-
	Salpetersäure	2	2	-	-
Vernickeln, Glanznickel/ Halbglanznickel (Nickelbad)	Nickel in Form atembarer Tröpfchen	21	28	0,0017	0,0556
	Schwefelsäure	7	7	Von 0,01 bis 0,037	
	Chlorwasserstoff	3	4	von 0,29 bis < 0,3	
Vernickeln - chemisch (Nickelbad)	Nickel in Form atembarer Tröpfchen	7	10 9	0,0017	0,0195

Verkupfern - cyanidisch (Kupferbad)	Cyanwasserstoff	1	1	-	-
Verkupfern - sauer (Kupferbad)	Schwefelsäure	5	7	von < 0,01 bis 0,06	
Verzinken cyanidisch (Zinkbad)	Cyanide	1	1	-	-
	Cyanwasserstoff	1	1	-	-
Eloxieren Schwefelsäureverfahren	Schwefelsäure	14	21	0,015	0,097
Galvanische Verfahren - allgemein	Cyanide	18	25	0,05	
	Cyanwasserstoff	5	5	von < 0,1 bis 0,4	
	Essigsäure	3	5	von < 0,26 bis < 0,5	
	Natriumhydroxid	45	60	0,03	0,11
	Schwefelsäure	57	80	0,011	0,085

Werte mit < -Zeichen liegen unter der Bestimmungsgrenze.

**Tabelle 3 : Ergebnisse der Gefahrstoffmessungen der BAuA 1997**

Verfahren/ Bäder	Gefahrstoff Probenahme	Anzahl der Betriebe	Anzahl der Messdaten	Messwerte mg/m <sup>3</sup>		50%-Wert mg/m <sup>3</sup>	95%-Wert mg/m <sup>3</sup>
				von	bis		
Glanzverchromen (Chrombad)	Chrom(VI)- Verbindungen						
	an der Person	6	6	< 0,0002	0,002	-	-
	stationär	7	14	< 0,0002	0,008	0,003	0,0061
	Schwefelsäure an der Person	6	7	< 0,007	0,039	-	-
	stationär	7	7	< 0,007	0,013	0,009	-

Hartverchromen (Chrombad)	Chrom(VI)- Verbindungen an der Person	6	16	< 0,005	0,15	0,027	0,097
	stationär	7	59	< 0,0004	0,98	0,009	0,16
	Schwefelsäure an der Person	6	17	< 0,007	0,052	< 0,007	0,049
	stationär	7	28	< 0,007	0,039	0,007	0,023
Vernickeln, Glanznickel/ Halbglanznickel (Nickelbad)	Nickel in Form atembarer Tröpfchen stationär	3	17	0,0007	0,006	0,0001	0,0044
	Schwefelsäure stationär	3	17	< 0,007	0,039	0,011	0,033
	Chlorwasserstoff stationär	3	17	< 0,042	0,082	0,021	0,081
Vernickeln - chemisch (Nickelbad)	Nickel in Form atembarer Tröpfchen stationär	1	6	0,001	0,004	-	-

Werte mit < -Zeichen liegen unter der Bestimmungsgrenze.

ENDE