

Expositionsbeschreibung

Gefahrstoffexpositionen beim Stückverzinken

Impressum

Herausgeber

Berufsgenossenschaft Holz und Metall
Isaac-Fulda-Allee 18
55124 Mainz

Telefon: 0800 9990080-0
Fax: 06131 802-20800
E-Mail: hotline@bghm.de
Internet: www.bghm.de

Servicehotline bei Fragen zum Arbeitsschutz: 0800 9990080-2
Medien Online: bestellung@bghm.de

Eine entgeltliche Veräußerung oder eine andere gewerbliche Nutzung bedarf der schriftlichen Einwilligung der BGHM.

Datei nicht barrierefrei.

Ausgabe: Juli 2019

Expositionsbeschreibung

Gefahrstoffexpositionen beim Stückverzinken

Inhaltsverzeichnis

Expositionsbeschreibung	3
1 Allgemeines	8
2 Anwendungsbereich	8
3 Begriffsbestimmungen	8
4 Arbeitsverfahren und Tätigkeiten	10
4.1 Aufrüsten, Abrüsten	10
4.2 Werkstückvorbehandlung	10
4.3 Feuerverzinken	11
4.4 Abkühlen und Nacharbeit der Werkstücke	11
4.5 Werkstücknachbehandlung	11
5 Gefährdungsermittlung und -beurteilung	11
5.1 Gefahrstoffe	11
5.2 Expositionsmessungen am Arbeitsplatz	14
5.3 Bewertung der Gefahrstoffexposition	15
5.3.1 Aufrüsten der Werkstücke	15
5.3.1.1 Staub in der A- und E-Fraktion/personengetragene und stationäre Messungen	15
5.3.1.2 Zinkanteil im Staub in der A- und E-Fraktion/personengetragene und stationäre Messungen	15
5.3.2 Werkstückvorbehandlung	15
5.3.2.1 Vorbehandlung offen, allgemein/personengetragene und stationäre Messungen	16
5.3.2.1.1 Staub in der A- und E-Fraktion, nur stationär – Beizen, Entfetten, Fluxen	16
5.3.2.1.2 Zinkanteil im Staub in der A- und E-Fraktion, nur stationär – Beizen, Entfetten, Fluxen	16
5.3.2.1.3 Beizen, Salzsäure	16
5.3.2.1.4 Entfetten, Natriumhydroxid	16
5.3.2.1.5 Entfetten, Phosphorsäure	16
5.3.2.1.6 Fluxen, Ammoniak	16
5.3.2.2 Vorbehandlung offen, ohne Randabsaugung/personengetragene und stationäre Messungen...	17
5.3.2.2.1 Beizen, Salzsäure	17
5.3.2.3 Vorbehandlung offen, gekapselter Bedienstand/personengetragene und stationäre Messungen	17
5.3.2.3.1 Beizen, Salzsäure	17
5.3.2.3.2 Entfetten, Natriumhydroxid	17
5.3.2.4 Vorbehandlung offen, mit Randabsaugung/personengetragene und stationäre Messungen.....	17
5.3.2.4.1 Beizen, Salzsäure	17
5.3.2.5 Vorbehandlung geschlossen, mit Absaugung/personengetragene und stationäre Messungen ..	17
5.3.2.5.1 Staub in der A- und E-Fraktion, stationär	17
5.3.2.5.2 Zinkanteil im Staub in der A- und E-Fraktion, stationär	17
5.3.2.5.3 Beizen, Salzsäure	17
5.3.2.5.4 Entfetten, Natriumhydroxid	18
5.3.2.5.5 Fluxen, Ammoniak	18
5.3.3 Feuerverzinken	18

5.3.3.1	Eingehauster Verzinkungskessel	18
5.3.3.1.1	Staub in der A- und E-Fraktion	18
5.3.3.1.2	Zinkanteil im Staub in der A- und E-Fraktion	18
5.3.3.1.3	Ammoniak	19
5.3.3.2	Offener Verzinkungskessel	19
5.3.3.2.1	Staub in der A- und E-Fraktion	19
5.3.3.2.2	Zinkanteil im Staub in der A- und E-Fraktion	19
5.3.3.2.3	Ammoniak	19
5.3.4	Abrüsten, Nacharbeit der Werkstücke	19
5.3.4.1	Staub in der A- und E-Fraktion	19
5.3.4.2	Zinkanteil im Staub in der A- und E-Fraktion	19
5.4	Übersicht der festgestellten Gefahrstoffexpositionen	20
5.5	Arbeitsplatzübergreifende Messungen – Metallanalytik	21
6	Schutzmaßnahmen	22
6.1	Branchenspezifische Umsetzungen nach der Gefahrstoffverordnung	22
6.2	Bewertung und Empfehlung von Schutzmaßnahmen in den verschiedenen Arbeitsbereichen	23
6.2.1	Aufrüsten der Werkstücke	23
6.2.2	Werkstückvorbehandlung	23
6.2.2.1	Offene Vorbehandlung ohne Randabsaugung	23
6.2.2.2	Offene Vorbehandlung mit gekapseltem Bedienstand	23
6.2.2.3	Offene Vorbehandlung mit Randabsaugung an den Beizbädern	24
6.2.2.4	Geschlossene Vorbehandlung	24
6.2.3	Feuerverzinken – offener und eingehauster Verzinkungskessel	24
6.2.4	Abkühlen und Nacharbeit der Werkstücke	25
6.2.5	Arbeitsbereiche Feuerverzinken und Abrüsten – Metallanalytik	25
7	Überprüfung	25
8	Literaturstellen	26
9	Anhang – Grundlagen der Beurteilung	27

Vorbemerkung

Diese Expositionsbeschreibung wurde erarbeitet in Zusammenarbeit mit

- dem Fachbereich „Holz und Metall“ der Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM), Sachgebiet „Oberflächentechnik und Schweißen“, Themenfeld Feuerverzinken, Hannover
- der Abteilung „Gefährdungsermittlung/Messtechnik“ der Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM)
- dem Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA)
- dem Institut für Prävention und Arbeitsmedizin der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV), Institut der Ruhr-Universität-Bochum (IPA)
- und dem Industrieverband Feuerverzinken (IVF) e.V., Düsseldorf

1 Allgemeines

Die Gefahrstoffverordnung [1] fordert die Unternehmen in § 6 auf, Art und Ausmaß der Exposition der Beschäftigten zu ermitteln. Dies kann durch Arbeitsplatzmessungen oder durch andere gleichwertige Beurteilungsverfahren erfolgen.

Diese Expositionsbeschreibung kann entsprechend §§ 6 und 7 Gefahrstoffverordnung bei der Durchführung der Gefährdungsbeurteilung sowie der daraus abzuleitenden Maßnahmen verwendet werden.

Darüber hinaus kann diese Expositionsbeschreibung als Hilfe bei der Gefährdungsbeurteilung gemäß § 5 Arbeitsschutzgesetz [2] und § 3 Betriebssicherheitsverordnung [3] mit herangezogen werden.

Die Verpflichtungen zum Einsatz von Stoffen und/oder Verfahren mit geringerem Risiko (TRGS 400 [4]), zur Beachtung der Rangfolge der Schutzmaßnahmen und zur Unterrichtung und Unterweisung der Beschäftigten usw. bleiben bestehen.

Diese Expositionsbeschreibung behandelt die inhalative Gefährdung. Es sind auch physikalisch-chemische Gefährdungen sowie dermale und psychische Gefährdungen möglich. Diese Gefährdungen sind in der Gefährdungsbeurteilung zu berücksichtigen. Dazu wird auf die DGUV Information 209-086 „Stückverzinken“ [5] verwiesen.

2 Anwendungsbereich

Diese Expositionsbeschreibung gilt für Arbeitsbereiche, in denen metallische Werkstücke gemäß DIN EN ISO 1461 feuerverzinkt (stückverzinkt) werden, einschließlich der damit verfahrensbedingt verbundenen Vor- und Nacharbeiten. Verfahrensbedingt mit dem Feuerverzinken verbunden sind besonders:

- Aufrüsten/Anschlagen
- Vorbehandlung
- Schmelztauchverzinken
- Abkühlen
- Abrüsten
- Nacharbeit

Diese Expositionsbeschreibung findet keine Anwendung auf:

- kontinuierliche Verzinkungsverfahren wie Bandverzinken und Drahtverzinken,
- galvanisches Verzinken,
- thermisches Spritzverzinken.

3 Begriffsbestimmungen

Im Sinne dieser Expositionsbeschreibung werden folgende Begriffe bestimmt:

AGW, Arbeitsplatzgrenzwert: Gemäß Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) der Grenzwert für die zeitlich gewichtete durchschnittliche Konzentration eines Stoffs in der Luft am Arbeitsplatz bei in der Regel täglich achtstündiger Exposition (Schichtmittelwert) an 5 Tagen pro Woche während der Lebensarbeitszeit. Er gibt an, bei welcher Konzentration eines Stoffs akute oder chronische schädliche Auswirkungen auf die Gesundheit im Allgemeinen nicht zu erwarten sind.

Arbeitsmittel: Werkzeuge, Geräte, Maschinen oder Anlagen. Anlagen setzen sich aus mehreren Funktionseinheiten zusammen, die zueinander in Wechselwirkung stehen und deren sicherer Betrieb wesentlich von diesen Wechselwirkungen bestimmt wird.

Behälter: Gefäße, in denen die Vor- und Nachbehandlung und das Stückverzinken stattfinden.

Bäder: Behälter und deren Inhalt. Branchentypisch werden auch die Begriffe „Vorbehandlungsbecken“ beziehungsweise „Zinkkessel“ oder „Verzinkungskessel“ benutzt.

Bestimmungsgrenze: Valide Ergebnisse mit dem „<-“-Vorzeichen geben den kleinsten quantitativ bestimmbaren Messwert an (Bestimmungsgrenze), der jedoch in diesem Falle unterschritten wurde. Ein Ergebnis mit „<-“-Vorzeichen sagt nicht aus, dass der Stoff unterhalb der ausgewiesenen Bestimmungsgrenze qualitativ nachweisbar war oder nicht.

Beurteilungsmaßstäbe: Im Sinne dieser Expositionsbeschreibung folgende verbindliche Grenzwerte:

- Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) nach der TRGS 900 [6]
- Risikobezogene Beurteilungsmaßstäbe nach dem ERB-Konzept in der TRGS 910 [7] (Akzeptanzkonzentrationen, Toleranzkonzentrationen)
- In der TRGS 561 [8] „Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen“ genannte Konzentrationswerte (z. B. risikobasierter Beurteilungsmaßstab für Chrom-(VI))

Darüber hinaus können nach entsprechend fachkundiger Bewertung unter anderem folgende Beurteilungsmaßstäbe herangezogen werden, sofern keine verbindlichen Grenzwerte vorliegen:

- Arbeitsplatz-Richtgrenzwerte nach der Richtlinie 98/24/EG [9]
- DNELs (derived no effect levels) nach der REACH-Verordnung [10]
- Grenzwertvorschläge für chemische Belastungen am Arbeitsplatz anderer wissenschaftlicher Expertenkommissionen (z. B. ausländische Grenzwerte) [14]
- MAK-Werte (Maximale Arbeitsplatzkonzentration der DFG-Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe) [16]

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 [11] „Begründungen und Erläuterungen zu Grenzwerten in der Luft am Arbeitsplatz).

Bewertung krebserzeugende Stoffe: Für krebserzeugende Stoffe erfolgt gemäß GefStoffV (§ 6 und 10) die Beurteilung der Exposition der Beschäftigten und die Ableitung von Schutzmaßnahmen risikobezogen anhand von Beurteilungsmaßstäben. In der TRGS 910 „Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen“ wird das entsprechende Risikokonzept beschrieben, das ein stoffunabhängiges Akzeptanz- und Toleranzrisiko vorsieht. Zu diesen Risiken werden stoffspezifisch Akzeptanz- und Toleranzkonzentrationen abgeleitet.

TK, Toleranzkonzentration: Oberhalb dieses Werts ist das Risiko nicht tolerabel.

AK, Akzeptanzkonzentration: Unterhalb dieses Werts wird das Risiko akzeptiert und oberhalb des Werts wird es toleriert, wenn die im Maßnahmenkatalog der TRGS 910 spezifizierten Maßnahmen eingehalten werden.

Exposition: Das „Ausgesetztsein“ eines Beschäftigten gegenüber einem oder mehreren Gefahrstoff(en).

Handbeschickte Bäder: Bäder, bei denen das Eintauchen und Herausnehmen der Werkstücke ausschließlich von Hand unter Verwendung von Werkzeugen, jedoch ohne Zuhilfenahme von Hebezeugen, ausgeführt wird.

Handverzinkung: Ein Verzinkungsprozess, bei dem das Eintauchen und Herausnehmen der Werkstücke aus der Zinkschmelze ausschließlich von Hand unter Verwendung von Werkzeugen, jedoch ohne Zuhilfenahme von Hebezeugen, ausgeführt wird.

MAK, Maximale Arbeitsplatzkonzentration: MAK-Werte werden von der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft (MAK-Kommission) veröffentlicht. Sie dienen dem Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) als Grundlage für die Beratungen zur Festlegung von Arbeitsplatzgrenzwerten (AGW). Sofern für einen Gefahrstoff kein verbindlicher Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) vorliegt, kann nach TRGS 400 und TRGS 402 [12] ein anderer Beurteilungsmaßstab (BM), zum Beispiel der MAK-Wert aus der MAK- und BAT-Werte-Liste der Deutschen Forschungsgemeinschaft, herangezogen werden.

Nachbehandlung: Besteht zumeist aus einem oder mehreren Verfahrensschritten zur Nachbereitung der Werkstückoberflächen nach dem Verzinkungsprozess. Folgende Prozesse sind möglich:

- Abkühlen im Wasserbad
- Passivieren/Oberflächenbehandlung im Tauch- oder Sprühverfahren
- Trocknen

Nachbearbeitung: Erfolgt mechanisch und besteht zumeist aus einem oder mehreren Verfahrensschritten zur Nachbearbeitung der Werkstückoberflächen (z. B. Feilen, Schleifen) und/oder zur Ausbesserung von Fehlstellen.

Nachweisgrenze: Messergebnisse für A-Staub und E-Staub werden bereits oberhalb der Nachweisgrenze des jeweiligen Analyseverfahrens ausgewiesen. Das bedeutet, dass die Messergebnisse dieser Stoffe, die mit „<“-Vorzeichen versehen sind, die analytische Nachweisgrenze angeben. Der Stoff konnte in diesem Fall nicht nachgewiesen werden.

Partikelfraktion A, E: Falls Stoffe partikelförmig auftreten, wird mit der Angabe „A“ bzw. „E“ ein Hinweis darauf gegeben, welche Fraktion für die Beurteilung durch Vergleich mit dem Grenzwert heranzuziehen ist:

- A: die alveolengängige Staubfraktion
- E: die einatembare Staubfraktion

Rauch entsteht bei thermischen Prozessen und besteht in der Regel zu fast 100% aus Partikeln der A-Fraktion. Rauche werden über die Partikel in der A-Fraktion erfasst und bewertet.

Querkontamination: Verunreinigung eines Arbeitsbereichs mit Gefahrstoffen, deren Emissionsquelle nicht in diesem Arbeitsbereich selbst, sondern in anderen Arbeitsbereichen liegt.

Reinigung der Zinkbadoberfläche: Prozess, bei dem nach dem Eintauchen der Werkstücke vor deren Entnahme die Schlacke/Asche auf der Zinkschmelze mit Hilfe eines Abstreifers entfernt wird.

Schutzwände: Einrichtungen, hinter denen sich die Beschäftigten zum Schutz gegen Zinkspritzer aufhalten.

Stückverzinken: Feuerverzinkungsverfahren (Schmelztauchverzinken), bei dem Überzüge aus Zink oder Zink-Eisen-Legierungen durch Eintauchen von vorgefertigten Werkstücken aus Stahl oder Guss in eine Zinkschmelze hergestellt werden.

Vorbereitung: Besteht zumeist aus mehreren Verfahrensschritten zur Vorbereitung der Werkstückoberflächen für den Verzinkungsprozess und setzt sich typischerweise zusammen aus:

- Entfetten
- Beizen/Entzinken
- Spülen
- Fluxen
- Trocknen

Die Begriffe Vorbereitung und Vorbereitung werden in diesem Dokument synonym verwendet.

Werkstücke (Verzinkungsgut): Alle Gegenstände, die bestimmungsgemäß verzinkt werden sollen.

Werkzeuge zum Verzinken: Geräte zum Eintauchen der Werkstücke in die Zinkschmelze von Hand (Handverzinkung) sowie Geräte zur Reinigung der Zinkbadoberfläche vor dem Eintauchen oder Herausziehen der Werkstücke (z. B. Abstreifer oder Ascheschaufel).

4 Arbeitsverfahren und Tätigkeiten

Das Stückverzinken als Gesamtprozess umfasst die (Einzel-)Prozessschritte Aufrüsten und Abrüsten, Werkstückvorbereitung, Feuerverzinken und Werkstück-Nachbehandlung mit den im Folgenden jeweils aufgeführten Verfahren und eingesetzten Gefahrstoffen. Die Messungen fanden unter branchenüblichen Produktionsbedingungen ohne projektbezogene Vorgaben statt. Typische Prozessabläufe und Parameter können der einschlägigen Literatur entnommen werden (Handbuch Feuerverzinken [13]).

4.1 Aufrüsten, Abrüsten

Das Aufrüsten ist ein manueller Prozess zum Anhängen und Aufstecken der Werkstücke an Gestelle und Traversen, das Abrüsten entsprechend zum Abhängen und Abnehmen der Werkstücke.

4.2 Werkstückvorbereitung

Die folgenden chemischen Prozesse dienen der Vorbereitung der Werkstückoberfläche auf den eigentlichen Verzinkungsprozess, bei dem der Überzug aus Zink oder Schichten aus Zink und Eisen-Zinklegierung hergestellt wird. Die Werkstückoberflächen werden von Fetten, Ölen, Wachsen und anderen Schmutzschichten befreit (Entfetten), und/oder es werden Oxide und andere Metallverbindungen von der Werkstückoberfläche entfernt (Beizen, Fluxen).

- **Entfetten zum Entfernen von Fett- und Ölrückständen**
 - Alkalische Entfettung, im Allgemeinen mit handelsüblichen Entfettungsprodukten, basierend auf den Wirksubstanzen Natronlauge (NaOH) und Kalilauge (KOH)

- Saure Entfettung, im Allgemeinen mit handelsüblichen Entfettungsprodukten, basierend auf den Wirksubstanzen Phosphorsäure (H_3PO_4), Salzsäure (HCl) und/oder Schwefelsäure (H_2SO_4)
- **Beizen zum Entfernen von Rost und Zunder** (sogenannte „Eisenbeize“), im Allgemeinen mit verdünnter Salzsäure (HCl)
- **Beizen zum Entfernen von Zinkschichten** (sogenannte „Zinkbeize“), im Allgemeinen mit verdünnter Salzsäure (HCl)
- **Fluxen** zur Erhöhung der Benetzungsfähigkeit zwischen der Stahloberfläche und dem flüssigen Zink:
 - **Fluxen im Flussmittelbad**, im Allgemeinen mit einer wässrigen Lösung bestehend aus Ammoniumchlorid NH_4Cl , und Zinkchlorid $ZnCl_2$, gefolgt von Trocknen (sogenanntes „Trockenverzinken“)
 - **Fluxen in der Salzschnmelze**, im Allgemeinen mit einer auf der Zinkschnmelze schwimmenden Flussmitteldecke (Salzschnmelze), bestehend aus Ammoniumchlorid- (NH_4Cl -) und Zinkchlorid ($ZnCl_2$ -) Salzen (sogenanntes „Nassverzinken“)

4.3 Feuerverzinken

Das vorbehandelte Stahl- oder Gussbauteil wird bei ca. 450 °C in die Zinkschnmelze getaucht. Auf der Bauteiloberfläche bildet sich dabei ein Zinküberzug aus, der aus Zink-Eisen-Legierungsphasen und einer Reinzinkschicht besteht.

4.4 Abkühlen und Nacharbeit der Werkstücke

Nach dem Abkühlen an Luft oder im Wasserbad erfolgt das Abrüsten, das heißt das Abhängen der Werkstücke von den Gestellen und Traversen. Abschließend werden die verzinkten Werkstücke nach Bedarf durch Schleifen, Feilen oder andere Verfahren mechanisch nachgearbeitet (Arbeitsschritt Verputzen). Fehlstellen werden in der Regel mit Hilfe von Zinkstaubfarbe nachgearbeitet.

4.5 Werkstücknachbehandlung

Je nach Kundenwunsch werden nach dem Verzinken zusätzlich noch nass-chemische Nachbehandlungen zum temporären Korrosionsschutz oder zur Glanzerhaltung durchgeführt. Dadurch werden die Werkstückoberflächen vor erneuter Oxidierung, zum Beispiel vor Weißrost, geschützt.

Mögliche Nachbehandlungsverfahren sind:

- die Behandlung mit organischen Klarlacken,
- die anorganische Oberflächenbehandlung, z. B. auf Basis von Silikaten,
- das chemische Passivieren durch:
 - Chromatieren mit Chrom-(III)-haltigen (Chrom-(VI)-freien) Elektrolyten,
 - chromfreie Elektrolyten.

5 Gefährdungsermittlung und -beurteilung

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

- den im Prozessbad eingesetzten Stoffen/Zubereitungen und dem Einsatz von Netzmittel,
- der Konzentration der Einsatzstoffe im Prozessbad,
- der eingesetzten Anlagentechnik,
- den Verfahrensparametern, z. B. Temperatur,
- den lüftungstechnischen Verhältnissen, z. B. Behälterabsaugung, Raumlüftung,
- dem Aufenthaltsort der exponierten Person,
- der Aufenthaltsdauer/Expositionsdauer.

5.1 Gefahrstoffe

In Tabelle 1 werden für die aufgeführten Gefahrstoffe neben den Bestimmungsgrenzen auch Angaben zum Beurteilungsmaßstab (BM) und zur Einstufung nach der CLP-Verordnung [14] aufgeführt. Soweit vorhanden, werden für einige Stoffe Hinweise zum Risiko der Fruchtschädigung (Y) in der Spalte „Beurteilungsmaßstab“ gegeben.

Tabelle 1:

Betrachtete Gefahrstoffe, Bestimmungsgrenze, Einstufung, Beurteilungsmaßstab (BM) und Spitzenbegrenzung/Überschreitungsfaktor

Gefahrstoff (CAS-Nummer)	Bestimmungsgrenze (bezogen auf eine 2-stündige Probenahme)	Einstufung (Quelle: GESTIS-Stoffdatenbank [15])	Beurteilungsmaßstab (BM)	Spitzenbegrenzung/Überschreitungsfaktor
Aluminium und seine Verbindungen	0,0085 mg/m ³ (bei 420 l Probeluftvolumen; GSP-3,5) 0,003 mg/m ³ (bei 1200 l Probeluftvolumen; GSP-10)	Insbesondere folgende Quellen können für Informationen zur Einstufung von Aluminium und seinen Verbindungen genutzt werden: Sicherheitsdatenblatt, Anhang VI der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008, Bekanntmachungen nach § 20 Absatz 4 GefStoffV, GESTIS-Stoffdatenbank.	Es gilt der allgemeine Staubgrenzwert nach TRGS 900 Nr. 2.4 (AGW). 1,25 mg/m ³ (A) 10 mg/m ³ (E)	2 (II)
Ammoniak (7664-41-7)	0,1 mg/m ³ (bei 40 l Probeluftvolumen)	Entzündbare Gase, Kategorie 2; H221 Gase unter Druck, verflüssigtes Gas; H280 Akute Toxizität, Kategorie 3, Einatmen; H331 Ätzwirkung auf die Haut, Kategorie 1B; H314 Gewässergefährdend, akut Kategorie 1; H400	14 mg/m ³ AGW Y	2(I)
A-Staubfraktion	0,250 mg/m ³ (Nachweisgrenze FSP-10)		1,25 mg/m ³ AGW	2 (II)
Blei und seine Verbindungen	0,00048 mg/m ³ (bei 420 l Probeluftvolumen; GSP-3,5) 0,00017 mg/m ³ (bei 1200 l Probeluftvolumen; GSP-10)	RF2, RD1A (Blei-Metall) Insbesondere folgende Quellen können für Informationen über weitere Einstufungen von Blei und seinen Verbindungen genutzt werden: Sicherheitsdatenblatt, Anhang VI der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008, Bekanntmachungen nach § 20 Absatz 4 GefStoffV, GESTIS-Stoffdatenbank. Ab dem 1. März 2018: RD1A und RF1A nach CLP-VO	0,1 mg/m ³ (E) EW	
Cadmium und seine Verbindungen	0,000086 mg/m ³ (bei 420 l Probeluftvolumen; GSP-3,5) 0,00003 mg/m ³ (bei 1200 l Probeluftvolumen; GSP-10)	Carc. 1A; H350 bzw. Carc. 1B; H350 bzw. Carc. 2; H351 bzw. geringer eingestuft. Insbesondere folgende Quellen können für Informationen über weitere Einstufungen von Cadmium und seinen Verbindungen genutzt werden: Sicherheitsdatenblatt, Anhang VI der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008, Bekanntmachungen nach § 20 Absatz 4 GefStoffV, GESTIS-Stoffdatenbank.		

Gefahrstoff (CAS-Nummer)	Bestimmungsgrenze (bezogen auf eine 2-stündige Probenahme)	Einstufung (Quelle: GESTIS-Stoffdatenbank [15])	Beurteilungs- maßstab (BM)	Spitzenbegrenzung/ Überschreitungs- faktor
Chlorwasserstoff (7647-01-0) Salzsäure	0,09 mg/m ³ (bei 240 l Probeluftvolumen)	Korrosiv gegenüber Metallen, Kategorie 1; H290 Ätzwirkung auf die Haut, Kategorie 1B; H314 Spezifische Zielorgan-Toxizität (einmalige Exposition), Kategorie 3; H335	3 mg/m ³ AGW Y	2 (I)
E-Staubfraktion	0,250 mg/m ³ (Nachweisgrenze bei GSP-10)		10 mg/m ³ AGW	2 (II)
Kupfer und seine Verbindungen	0,0017 mg/m ³ (bei 420 l Probeluftvolumen; GSP-3,5) 0,00058 mg/m ³ (bei 1200 l Probeluftvolumen; GSP-10)	Insbesondere folgende Quellen kön- nen für Informationen zur Einstufung von Kupfer und seinen Verbindungen genutzt werden: Sicherheitsdatenblatt, Anhang VI der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008, Bekanntmachungen nach § 20 Absatz 4 GefStoffV, GESTIS-Stoffdatenbank.	0,01 mg/m ³ (A) DFG Der Grenzwert gilt für Kupfer und sei- ne anorganischen Verbindungen.	2 (II)
Natriumhydroxid (1310-73-2)	0,04 mg/m ³ (bei 420 l Probeluftvolumen)	Korrosiv gegenüber Metallen, Kategorie 1; H290 Ätzwirkung auf die Haut, Kategorie 1A; H314	0,83 mg/m ³ AGW	2(I)
Nickelmetall)*	0,00058 mg/m ³ (bei 420 l Probeluftvolumen; GSP-3,5) 0,0002 mg/m ³ (bei 1200 l Probeluftvolumen; GSP-10)	Insbesondere folgende Quellen kön- nen für Informationen zur Einstufung von Nickel und seinen Verbindungen genutzt werden: Sicherheitsdatenblatt, Anhang VI der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008, Bekanntmachungen nach § 20 Absatz 4 GefStoffV, GESTIS-Stoffdatenbank.	von 0,006 mg/m ³ (A) AGW	8(II)
Phosphorsäure (7664-38-2)	0,01 mg/m ³ (bei 420 l Probeluftvolumen)	Ätzwirkung auf die Haut, Kategorie 1B; H314 Korrosiv gegenüber Metallen, Kategorie 1; H290	2 mg/m ³ (E) AGW Y	2 (I)
Wismut und seine Verbindungen	0,00048 mg/m ³ (bei 420 l Probeluftvolumen; GSP-3,5) 0,00017 mg/m ³ (bei 1200 l Probeluftvolumen; GSP-10)	Insbesondere folgende Quellen kön- nen für Informationen zur Einstufung von Nickel und seinen Verbindungen genutzt werden: Sicherheitsdatenblatt, Anhang VI der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008, Bekanntmachungen nach § 20 Absatz 4 GefStoffV, GESTIS-Stoffdatenbank (Schlagwort: Bismut).	kein BM	

Gefahrstoff (CAS-Nummer)	Bestimmungsgrenze (bezogen auf eine 2-stündige Probenahme)	Einstufung (Quelle: GESTIS-Stoffdatenbank [15])	Beurteilungs- maßstab (BM)	Spitzenbegrenzung/ Überschreitungs- faktor
Zink und seine Ver- bindungen	0,0036 mg/m ³ (bei 420 l Probeluftvolumen; GSP-3,5) 0,0012 mg/m ³ (bei 1200 l Probeluftvolumen; GSP-10)	Insbesondere folgende Quellen kön- nen für Informationen zur Einstufung von Zink und seinen Verbindungen genutzt werden: Sicherheitsdatenblatt, Anhang VI der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008, Bekanntmachungen nach § 20 Absatz 4 GefStoffV, GESTIS-Stoffdatenbank.	2 mg/m ³ (E) * 0,1 mg/m ³ (A) *	2 4

A: alveolengängige Fraktion, E: einatembare Fraktion

* Empfehlungen der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe (MAK-Kommission) [16]

- I Spitzenbegrenzung Kategorie I; Stoffe, bei denen die lokale Wirkung grenzwertbestimmend ist oder atemwegssensibilisierende Stoffe
II Spitzenbegrenzung Kategorie II; resorptiv wirksame Stoffe

)* Das Analyseergebnis bezieht sich auf Nickel und seine Verbindungen. Aufgrund der Prozessparameter beim Stückverzinken wird von einer Exposition gegenüber Nickelmetall ausgegangen.

Messwerte liegen für folgende Gefahrstoffe vor (siehe Tabelle A.11 im Anhang A):

Kupfer und seine Verbindungen (A-Fraktion), Kupfer und seine Verbindungen (E-Fraktion), Aluminium und seine Verbindungen (A-Fraktion), Aluminium und seine Verbindungen (E-Fraktion), Wismut und seine Verbindungen (A-Fraktion), Wismut und seine Verbindungen (E-Fraktion), Blei und seine Verbindungen (A-Fraktion), Blei und seine Verbindungen (E-Fraktion), Cadmium und seine Verbindungen (A-Fraktion), Cadmium und seine Verbindungen (E-Fraktion), Nickel und seine Verbindungen (A-Fraktion).

5.2 Expositionsmessungen am Arbeitsplatz

Ergebnisse von Auswertungen verschiedener Expositionsmessungen sind im Anhang 1 dargestellt.

Im Messsystem Gefährdungsermittlung der UV-Träger (MGU, [17]) wurde im Zeitraum von Juli 2013 bis Dezember 2016 das Messprogramm „Feuerverzinken (Stückverzinken)“ durchgeführt. Messungen im Rahmen von MGU-Messprogrammen zeichnen sich durch eine einheitliche Messstrategie und eine systematische Erhebung und Dokumentation von Betriebs- und Expositionsdaten aus. Die Messungen in 38 Betrieben erfolgten durch den Messtechnischen Dienst der Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM), die Gefahrstoffanalysen wurden im IFA vorgenommen. Die Expositionsdaten sind in der IFA-Expositionsdatenbank MEGA „Messdaten zur Exposition gegenüber Gefahrstoffen am Arbeitsplatz“ [18] dokumentiert. Die BGHM wertete die Daten nach folgenden Kriterien aus:

- Arbeitsbereiche
- Gefahrstoffe
 - Probenahmeart:
 - personengetragen (mit „p“ abgekürzt, siehe auch Anhang 1) und
 - stationär (mit „s“ abgekürzt, siehe auch Anhang 1)

Folgende statistische Parameter wurden ermittelt:

- Anzahl der Betriebe
- Anzahl der Messwerte
- 50 %-Wert
- 90 %-Wert
- 95 %-Wert
- Maximalwert

Bei dem Begriff „%-Wert“ handelt es sich um das entsprechende Perzentil, das heißt, mit dem 50 %-Wert ist das 50-Perzentil gemeint usw. Für den 50 %-Wert (50-Perzentil) gilt, dass 50 % der vorhandenen Konzentrationswerte unterhalb, die restlichen 50 % oberhalb dieses Werts liegen. Für den 95 %-Wert (95-Perzentil) gilt, dass 95 % der vorhandenen Konzentrationswerte unterhalb, die restlichen 5 % oberhalb dieses Werts liegen.

Bei den Auswertungen (siehe Messwerttabellen mit statistischen Parametern im Anhang 1) wurden nur Daten berücksichtigt, bei denen die Probenahme- und Expositionsdauer ≥ 2 Stunden betrug.

5.3 Bewertung der Gefahrstoffexposition

Personengetragene Messungen wurden ergänzt durch stationäre Messungen in möglichst unmittelbarer Nähe zur Emissionsquelle, das heißt bei offenen Prozessbädern im maximalen Abstand von 1,00 m vom und in einer Höhe von 1,60 m über dem Prozessbad; bei der eingehausten Vorbehandlung außerhalb der Einhausung.

Bei vielen Anlagen/Arbeitsbereichen fielen bei bestimmten Stoffen die Werte der stationären Messungen teilweise höher aus als die personengetragenen Werte. Einer der möglichen Gründe dafür ist, dass sich die stationären Messstellen näher an der Expositionsquelle befanden als die bemessenen Personen.

Auch ein Zusammenspiel ungünstiger Faktoren kann dazu führen, dass die stationäre Messstelle höhere Konzentrationen ausweist. Zu diesen Faktoren gehören schlechtere Lüftungsbedingungen in der Nähe der stationären Messung.

Die Bewertung der Messergebnisse für die verschiedenen Arbeitsbereiche wird im Folgenden dargestellt. Die nachfolgenden Ausführungen gelten, sofern die unter Abschnitt 6 aufgeführten Maßnahmen umgesetzt sind und ihre Wirksamkeit nachgewiesen ist.

Wird in den Arbeitsbereichen mit anderen als den in dieser Expositionsbeschreibung genannten Stoffen gearbeitet, sind sie in der Gefährdungsbeurteilung zu berücksichtigen.

5.3.1 Aufrüsten der Werkstücke

5.3.1.1 Staub in der A- und E-Fraktion/personengetragene und stationäre Messungen

Bei den personengetragenen Messungen wird der Arbeitsplatzgrenzwert von Staub in der A- und E-Fraktion eingehalten, dort liegen 25 Messwerte (Staub in der A-Fraktion) beziehungsweise 5 Messwerte (Staub in der E-Fraktion) unterhalb der Bestimmungsgrenze.

Bei den stationären Messungen liegen alle Messwerte unterhalb des Arbeitsplatzgrenzwerts.

5.3.1.2 Zinkanteil im Staub in der A- und E-Fraktion/personengetragene und stationäre Messungen

Bei 97 % der Messwerte des Zinkanteils von Staub in der A-Fraktion wird bei den personengetragenen Messungen der Beurteilungsmaßstab eingehalten, bei den stationären Messungen liegen 97 % der Messwerte unterhalb des Beurteilungsmaßstabs. Das 95-Perzentil der Messwerte des Zinkanteils von Staub in der A-Fraktion liegt bei den personengetragenen und stationären Messungen unterhalb des Beurteilungsmaßstabs.

Der Arbeitsplatzgrenzwert der E-Fraktion wird eingehalten.

5.3.2 Werkstückvorbehandlung

Im Arbeitsbereich Werkstückvorbehandlung wird zwischen der offenen Vorbehandlung und der geschlossenen Vorbehandlung unterschieden.

Die Begriffe „offen“ und „geschlossen“ beschreiben dabei die Art der Erfassung der/die Art der Erfassungselemente für die freigesetzten Gefahrstoffe an deren Austritts- oder Entstehungsstelle in den Bädern in der Vorbehandlung (siehe Abschnitt 4.2).

Ein Erfassungselement in „geschlossener Bauart“ ist die Kapselung, das heißt, die gekapselte bzw. eingehauste Vorbehandlungsanlage mit Absaugung. Ein Erfassungselement in „offener Bauart“ ist das offene Bad mit Randabsaugung. Ein Sonderfall ist die offene Vorbehandlung mit gekapseltem Bedienstand; sie ist ein Beispiel für eine individuell wirkende Schutzmaßnahme. Dabei wird ausschließlich der Steuerstand der Anlagenbedienperson gekapselt und belüftet, während der restliche Bereich der Vorbehandlung offen ist.

Eine detailliertere, weitergehende Beschreibung enthält die DGUV Information 209-086 „Stückverzinken“ in Abschnitt 3.4.3. Von den 38 Feuerverzinkereien, die an dem Messprogramm teilgenommen haben, benutzen 19 Betriebe die offene Art der Vorbehandlung und 19 Betriebe die geschlossene Art Vorbehandlung:

- Vorbehandlung offen (Abschnitt 5.3.2.1f)
 - 19 Betriebe –
- Vorbehandlung offen, ohne Randabsaugung (Abschnitt 5.3.2.2f)

- 13 Betriebe –
- Vorbehandlung offen, mit gekapseltem Bedienstand (Abschnitt 5.3.2.3f)
 - 4 Betriebe –
- Vorbehandlung offen, mit Randabsaugung (Abschnitt 5.3.2.4f)
 - 2 Betriebe –
- Vorbehandlung geschlossen, mit Absaugung (Abschnitt 5.3.2.5f)
 - 19 Betriebe –

5.3.2.1 Vorbehandlung offen, allgemein/personengetragene und stationäre Messungen

5.3.2.1.1 Staub in der A- und E-Fraktion, nur stationär – Beizen, Entfetten, Fluxen

Bei den stationären Messungen lag der Maximalwert für Staub in der A- und E-Fraktion unterhalb des Arbeitsplatzgrenzwerts.

Die stationären Messungen von Staub erfolgten hier an den Vorbehandlungsbädern ohne Expositionsbezug zur Überprüfung der möglichen Querkontamination.

5.3.2.1.2 Zinkanteil im Staub in der A- und E-Fraktion, nur stationär – Beizen, Entfetten, Fluxen

Bei den stationären Messungen lag das 95-Perzentil für den Zinkanteil Staub in der A- und E-Fraktion unterhalb des Beurteilungsmaßstabs.

Die stationären Messungen des Zinkanteils im Staub erfolgten hier an den Vorbehandlungsbädern ohne Expositionsbezug zur Überprüfung der Querkontamination.

5.3.2.1.3 Beizen, Salzsäure

Bei den personengetragenen Messungen wird bei 89 % der Messwerte der Arbeitsplatzgrenzwert eingehalten. Das 95-Perzentil der Messwerte liegt bei den personenbezogenen Messungen oberhalb des Grenzwerts. Das 90-Perzentil der Messwerte liegt unterhalb des Arbeitsplatzgrenzwerts.

Bei den stationären Messungen liegen 58 % der Messwerte unterhalb des Arbeitsplatzgrenzwerts. Das 95-Perzentil der Messwerte liegt bei den stationären Messungen oberhalb des Arbeitsplatzgrenzwerts. Das 50-Perzentil der Messwerte liegt unterhalb des Arbeitsplatzgrenzwerts.

5.3.2.1.4 Entfetten, Natriumhydroxid

Bei den personengetragenen Messungen wird der Arbeitsplatzgrenzwert eingehalten. Bei den stationären Messungen liegt der Maximalwert unterhalb des Arbeitsplatzgrenzwerts.

Alle Messwerte liegen unterhalb der Bestimmungsgrenze.

5.3.2.1.5 Entfetten, Phosphorsäure

Bei den personengetragenen Messungen wird der Arbeitsplatzgrenzwert eingehalten. Bei den stationären Messungen liegt der Maximalwert unterhalb des Arbeitsplatzgrenzwerts.

Alle Messwerte liegen unterhalb der Bestimmungsgrenze.

5.3.2.1.6 Fluxen, Ammoniak

Bei den personengetragenen Messungen wird der Arbeitsplatzgrenzwert eingehalten. Bei den stationären Messungen liegt der Maximalwert unterhalb des Arbeitsplatzgrenzwerts.

Bei den personengetragenen Messungen liegen 18 Messwerte und bei den stationären Messungen 17 Messwerte unterhalb der Bestimmungsgrenze.

5.3.2.2 Vorbehandlung offen, ohne Randabsaugung/personengetragene und stationäre Messungen

5.3.2.2.1 Beizen, Salzsäure

Bei den personengetragenen Messungen wird bei 85 % der Messwerte der Arbeitsplatzgrenzwert eingehalten. Das 95-Perzentil der Messwerte liegt bei den personengetragenen Messungen oberhalb des Grenzwerts. Das 50-Perzentil der Messwerte liegt unterhalb des Arbeitsplatzgrenzwerts.

Bei den stationären Messungen liegen 56 % der Messwerte unterhalb des Arbeitsplatzgrenzwerts. Das 95-Perzentil der Messwerte liegt bei den stationären Messungen oberhalb des Arbeitsplatzgrenzwerts. Das 50-Perzentil der Messwerte liegt unterhalb des Arbeitsplatzgrenzwerts.

5.3.2.3 Vorbehandlung offen, gekapselter Bedienstand/personengetragene und stationäre Messungen

Die stationären Messungen fanden außerhalb des gekapselten Bedienstands statt.

5.3.2.3.1 Beizen, Salzsäure

Bei allen personengetragenen Messungen wird der Arbeitsplatzgrenzwert eingehalten. 50 % der Messwerte liegen bei den stationären Messungen unterhalb des Arbeitsplatzgrenzwerts.

5.3.2.3.2 Entfetten, Natriumhydroxid

Bei den personengetragenen Messungen wird der Arbeitsplatzgrenzwert eingehalten. Bei den stationären Messungen liegt der Maximalwert unterhalb des Arbeitsplatzgrenzwerts.

Alle Messwerte liegen unterhalb der Bestimmungsgrenze.

5.3.2.4 Vorbehandlung offen, mit Randabsaugung/personengetragene und stationäre Messungen

5.3.2.4.1 Beizen, Salzsäure

Bei allen personengetragenen Messungen wird der Arbeitsplatzgrenzwert eingehalten.

Bei den stationären Messungen liegt der Maximalwert unterhalb des Arbeitsplatzgrenzwerts.

5.3.2.5 Vorbehandlung geschlossen, mit Absaugung/personengetragene und stationäre Messungen

Die stationären Messungen fanden außerhalb der Einhausung statt.

5.3.2.5.1 Staub in der A- und E-Fraktion, stationär

Bei den stationären Messungen liegen alle Messwerte für Staub in der A- und E-Fraktion unterhalb des Arbeitsplatzgrenzwerts.

Bei den stationären Messungen für Staub in der A-Fraktion liegen 6 Messwerte und bei den stationären Messungen für Staub in der E-Fraktion 4 Messwerte unterhalb der Bestimmungsgrenze.

Die stationären Messungen von Staub erfolgten hier an den Vorbehandlungsbädern ohne Expositionsbezug zur Überprüfung der Querkontamination.

5.3.2.5.2 Zinkanteil im Staub in der A- und E-Fraktion, stationär

Bei den stationären Messungen liegen die Messwerte für den Zinkanteil im Staub in der A- und E-Fraktion unterhalb des Beurteilungsmaßstabs.

Bei den stationären Messungen des Zinkanteils im Staub in der A- und E-Fraktion liegt 1 Messwert unterhalb der Bestimmungsgrenze.

Die stationären Messungen des Zinkanteils im Staub erfolgten hier an den Vorbehandlungsbädern ohne Expositionsbezug zur Überprüfung der Querkontamination.

5.3.2.5.3 Beizen, Salzsäure

Bei allen personengetragenen Messungen wird der Arbeitsplatzgrenzwert eingehalten.

Bei den stationären Messungen liegen alle Messwerte unterhalb des Arbeitsplatzgrenzwerts.

5.3.2.5.4 Entfetten, Natriumhydroxid

Bei allen personengetragenen Messungen wird der Arbeitsplatzgrenzwert eingehalten.

Bei den stationären Messungen liegen alle Messwerte unterhalb des Arbeitsplatzgrenzwerts.

Bei den personengetragenen Messungen liegen 6 Messwerte und bei den stationären Messungen 9 Messwerte unterhalb der Bestimmungsgrenze.

5.3.2.5.5 Fluxen, Ammoniak

Bei allen personengetragenen Messungen wird der Arbeitsplatzgrenzwert eingehalten.

Bei den stationären Messungen liegen alle Messwerte unterhalb des Arbeitsplatzgrenzwerts.

Bei den personengetragenen Messungen liegen 9 Messwerte und bei den stationären Messungen 14 Messwerte unterhalb der Bestimmungsgrenze.

5.3.3 Feuerverzinken

Wie im Arbeitsbereich Werkstückvorbehandlung wird im Bereich Feuerverzinken zwischen dem offenen und dem eingehausten (geschlossenen) Verzinkungskessel unterschieden.

Ein Erfassungselement in „geschlossener Bauart“ ist die Kapselung, das heißt, der gekapselte bzw. eingehauste Verzinkungskessel mit Absaugung. Ein Erfassungselement in „offener Bauart“ ist der offene ebenerdige Verzinkungskessel mit Randabsaugung. Ein Sonderfall ist die offene Vorbehandlung mit gekapseltem Bedienstand; sie ist ein Beispiel für eine individuell wirkende Schutzmaßnahme. Dabei wird ausschließlich der Steuerstand der Anlagenbedienperson gekapselt und belüftet, während der restliche Bereich der Vorbehandlung offen ist.

Eine detailliertere, weitergehende Beschreibung enthält die DGUV Information 209-086 „Stückverzinken“ im Abschnitt 3.4.3.

Von den 38 Feuerverzinkereien, die an dem Messprogramm teilgenommen haben, benutzen 7 Betriebe die offene Art des Verzinkungskessels (offener Verzinkungskessel) und 31 Betriebe die geschlossene Art des Verzinkungskessels (geschlossener Verzinkungskessel):

- geschlossener Verzinkungskessel mit Randabsaugung (Abschnitt 5.3.3.1f)
 - 31 Betriebe –
- offener Verzinkungskessel mit Randabsaugung (Abschnitt 5.3.3.2f)
 - 7 Betriebe –

5.3.3.1 Eingehauster Verzinkungskessel

5.3.3.1.1 Staub in der A- und E-Fraktion

Bei den personengetragenen Messungen von Staub in der A-Fraktion wird bei 90 % der Messwerte der Arbeitsplatzgrenzwert eingehalten. Das 90-Perzentil der Messwerte liegt bei den personengetragenen Messungen von Staub in der A-Fraktion unterhalb des Arbeitsplatzgrenzwerts.

Bei den stationären Messungen von Staub in der A-Fraktion liegen 97 % der Messwerte unterhalb des Arbeitsplatzgrenzwerts. Das 95-Perzentil der Messwerte liegt bei den stationären Messungen von Staub in der A-Fraktion unterhalb des Arbeitsplatzgrenzwerts.

Bei den personengetragenen Messungen von Staub in der E-Fraktion wird der Arbeitsplatzgrenzwert eingehalten.

Bei den stationären Messungen von Staub in der E-Fraktion liegen alle Messwerte unterhalb des Arbeitsplatzgrenzwerts.

5.3.3.1.2 Zinkanteil im Staub in der A- und E-Fraktion

Bei den personengetragenen Messungen des Zinkanteils im Staub in der A-Fraktion wird bei 68 % der Messwerte der Beurteilungsmaßstab eingehalten. Das 50-Perzentil der Messwerte liegt bei den personengetragenen Messungen des Zinkanteils im Staub in der A-Fraktion unterhalb des Beurteilungsmaßstabs.

Bei den stationären Messungen des Zinkanteils im Staub in der A-Fraktion liegen 97 % der Messwerte unterhalb des Beurteilungsmaßstabs.

lungsmaßstabs. Das 95-Perzentil der Messwerte liegt bei den stationären Messungen des Zinkanteils im Staub in der A-Fraktion unterhalb des Beurteilungsmaßstabs.

Bei den personengetragenen Messungen des Zinkanteils im Staub in der E-Fraktion wird der Beurteilungsmaßstab eingehalten.

Bei den stationären Messungen des Zinkanteils im Staub in der E-Fraktion liegen alle Messwerte unterhalb des Beurteilungsmaßstabs.

5.3.3.1.3 Ammoniak

Bei den personengetragenen Messungen wird der Arbeitsplatzgrenzwert eingehalten.

Bei den stationären Messungen unterschreiten die Messwerte den Arbeitsplatzgrenzwert.

Bei den personengetragenen Messungen liegen 21 Messwerte und bei den stationären Messungen 28 Messwerte unterhalb der Bestimmungsgrenze.

5.3.3.2 Offener Verzinkungskessel

5.3.3.2.1 Staub in der A- und E-Fraktion

Bei den personengetragenen Messungen von Staub in der A- und E-Fraktion wird der Arbeitsplatzgrenzwert eingehalten.

Bei den stationären Messungen von Staub liegen 67 % der Messwerte in der A-Fraktion und alle Messwerte in der E-Fraktion unterhalb des Arbeitsplatzgrenzwerts.

5.3.3.2.2 Zinkanteil im Staub in der A- und E-Fraktion

Bei den personengetragenen Messungen des Zinkanteils im Staub in der A-Fraktion wird bei 71 % der Messwerte der Beurteilungsmaßstab eingehalten.

Bei den stationären Messungen des Zinkanteils im Staub in der A-Fraktion wird bei 50 % der Messwerte der Beurteilungsmaßstab unterschritten.

Bei den personengetragenen Messungen des Zinkanteils im Staub in der E-Fraktion wird der Beurteilungsmaßstab eingehalten.

Bei den stationären Messungen des Zinkanteils im Staub in der E-Fraktion wird der Beurteilungsmaßstab unterschritten.

5.3.3.2.3 Ammoniak

Bei den personengetragenen Messungen wird der Arbeitsplatzgrenzwert eingehalten.

Bei den stationären Messungen wird der Arbeitsplatzgrenzwert unterschritten.

Bei den personengetragenen und den stationären Messungen liegen 3 Messwerte unterhalb der Bestimmungsgrenze.

5.3.4 Abrüsten, Nacharbeit der Werkstücke

5.3.4.1 Staub in der A- und E-Fraktion

Bei den personengetragenen Messungen von Staub in der A- und E-Fraktion werden die Arbeitsplatzgrenzwerte eingehalten.

Bei den stationären Messungen von Staub in der A- und E-Fraktion wird der Arbeitsplatzgrenzwert unterschritten.

5.3.4.2 Zinkanteil im Staub in der A- und E-Fraktion

Bei den personengetragenen Messungen des Zinkanteils im Staub in der A-Fraktion wird bei 89 % der Messwerte der Beurteilungsmaßstab eingehalten. Das 90-Perzentil der Messwerte liegt bei den personengetragenen Messungen des Zinkanteils im Staub in der A-Fraktion unterhalb des Beurteilungsmaßstabs.

Bei den stationären Messungen des Zinkanteils im Staub in der A-Fraktion wird der Beurteilungsmaßstab unterschritten.

Bei den personengetragenen Messungen des Zinkanteils im Staub in der E-Fraktion wird bei 91 % der Messwerte der Beurteilungsmaßstab eingehalten. Das 90-Perzentil der Messwerte liegt bei den personengetragenen Messungen des Zinkanteils im Staub in der A-Fraktion unterhalb des Beurteilungsmaßstabs.

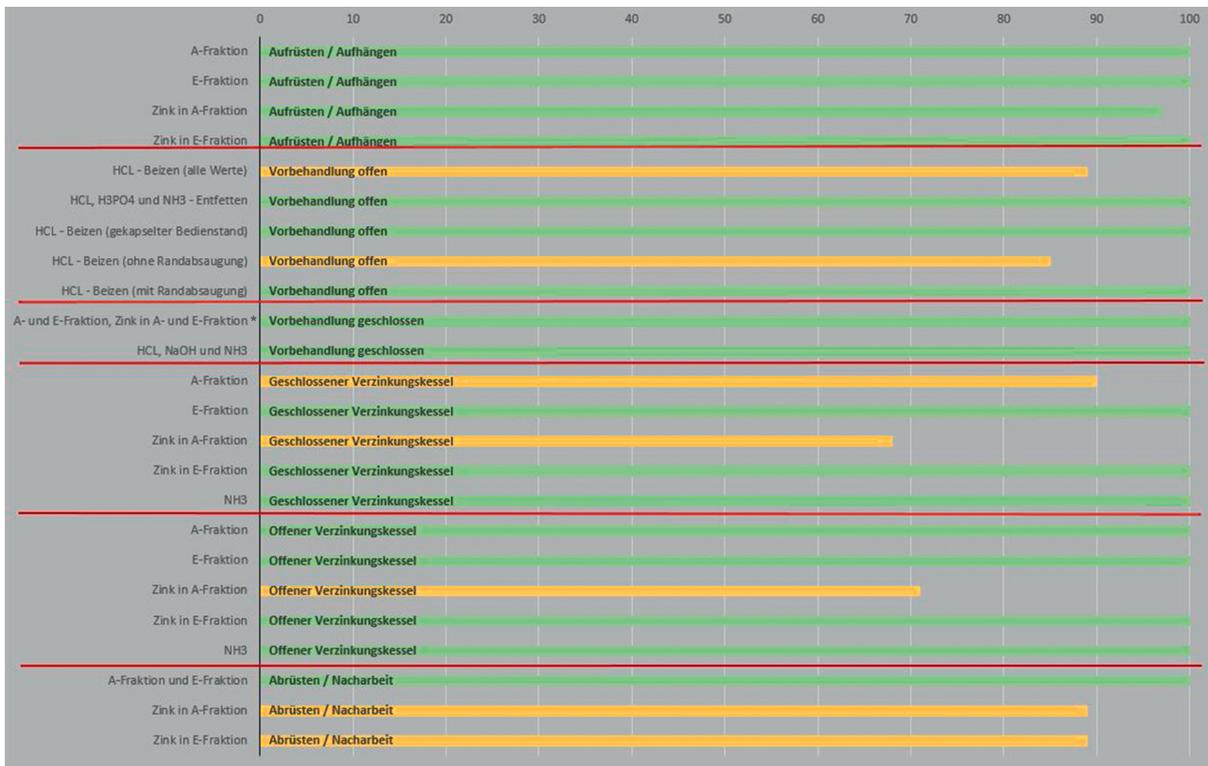
Bei den stationären Messungen des Zinkanteils im Staub in der E-Fraktion wird der Beurteilungsmaßstab unterschritten.

5.4 Übersicht der festgestellten Gefahrstoffexpositionen

Eine Übersicht über die Gefahrstoffexpositionen in den untersuchten Arbeitsbereichen gibt die folgende Tabelle 2:

Tabelle 2:

Prozentualer Anteil der personengetragenen Messwerte unterhalb des Beurteilungsmaßstabs in den einzelnen Arbeitsbereichen



Hinweise

Grüner Balken: Werte ≥ 95 % (Schutzmaßnahmen in dem Arbeitsbereich im Normalfall ausreichend)

Gelber Balken: Werte < 95 % (Schutzmaßnahmen in dem Arbeitsbereich sollten überprüft werden)

* Messungen wurden stationär durchgeführt

Tabelle 3 zeigt die beim Stückverzinken angewandten Prozessschritte/Verfahren mit den eingesetzten Gefahrstoffen als Emissionsquelle.

Die Gefahrstoffe, die für die Beurteilung der inhalativen Expositionen aufgrund der in den vorangegangenen Abschnitten 5.f beschriebenen Messergebnisse relevant sind, sind bei den betreffenden Prozessschritten/Verfahren aufgeführt.

Die Bewertung der Gefahrstoffexpositionen und die Ableitung der entsprechenden Schutzmaßnahmen erfolgt in den nächsten Abschnitten 6.f.

Tabelle 3:

Übersicht der beim Stückverzinken angewandten Verfahren mit den jeweils an den Arbeitsplätzen auftretenden relevanten inhalativen Expositionen.

)* Die inhalative Exposition gegenüber diesem Gefahrstoff wurde nicht im Rahmen des Messprogramms untersucht, da der entsprechende Prozess in den betreffenden Betrieben nicht durchgeführt wurde.

)** Es handelt sich um ein vermutetes Zersetzungsprodukt und/oder um das Produkt einer chemischen Reaktion. Die inhalative Exposition gegenüber diesem Gefahrstoff wurde nicht im Rahmen des Messprogramms untersucht

Prozessschritt/Verfahren	Emissionsquelle	Exposition gegenüber
Aufrüsten (Anhängen)		
	(Querkontamination)	Staub Zink und seinen Verbindungen
Vorbehandlung		
Alkalische Entfettung	Prozessbäder mit verdünnter Natronlauge oder Kalilauge	Natriumhydroxid NaOH Kaliumhydroxid KOH)*
Saure Entfettung	Prozessbäder mit verdünnten anorganischen Säuren	Phosphorsäure H ₃ PO ₄ Schwefelsäure H ₂ SO ₄)* Salzsäure HCl
(Eisen-)Beize	Prozessbäder mit verdünnter Salzsäure	Salzsäure HCl
Fluxen	Prozessbäder mit wässriger Lösung von Ammoniumchlorid und Zinkchlorid	Ammoniak NH ₃
Entzinken (Zink-)Beize	Prozessbäder mit verdünnter Salzsäure	Salzsäure HCl)* Wasserstoff H ₂)**
Feuerverzinken		
Stückverzinken (Verzinkungskessel)	Prozessbäder mit Zinkschmelze (450°C)	Staub Zink und seinen Verbindungen Ammoniak NH ₃)* Salzsäure HCl)**
Nachbehandlung		
Abrüsten Nacharbeit	Schleifprozesse	Staub Zink und seinen Verbindungen
Trockenschleifen	Schleifprozesse	Staub Zink und seinen Verbindungen

5.5 Arbeitsplatzübergreifende Messungen – Metallanalytik

In den Arbeitsbereichen Abrüsten, Nacharbeit und Verzinkungskessel wurde die Expositionshöhe der Metalle Kupfer, Aluminium, Blei, Wismut und Nickel bestimmt. Die Expositionshöhen liegen alle unterhalb der Bestimmungsgrenze und die betreffenden Beurteilungsmaßstäbe nach Tabelle 1 wurden eingehalten.

In Bezug auf Cadmium wurden stichpunktartig wenige Messungen durchgeführt; bei den stationären Messungen liegen die Messwerte in der E-Fraktion unterhalb der Toleranzkonzentration, die Messwerte in der A-Fraktion unterhalb der Akzeptanzkonzentration. Bei den personengetragenen Messungen ist keine eindeutige Aussage möglich.

Zusammengefasst sind die Expositionshöhen der Metalle Kupfer, Aluminium, Blei, Wismut und Nickel als unkritisch zu bewerten.

Für Cadmium ist eine individuelle Gefährdungsbeurteilung durchzuführen. Beim Bestellen der Zinklegierung sollte unbedingt auf einen niedrigen Cadmiumgehalt geachtet werden.

6 Schutzmaßnahmen

6.1 Branchenspezifische Umsetzungen nach der Gefahrstoffverordnung

Arbeitgeber und Arbeitgeberinnen haben bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen nach den §§ 6 (1) und 7 (3) GefStoffV vorrangig die Möglichkeiten der Substitution zu prüfen. Dabei muss geprüft werden, ob der Einsatz von Gefahrstoffen auszuschließen oder ein ungefährlicherer Ersatzstoff einsetzbar ist (Gefahrstoff-Substitution). Weiterhin ist zu beurteilen, ob ein Verfahren mit keiner oder möglichst geringer Emission in die Arbeitsumgebung einsetzbar ist (Verfahrens-Substitution). Die systematische Vorgehensweise wird in der TRGS 600 „Substitution“ [19] beschrieben.

Ist eine Gefährdung der Beschäftigten nach § 7 (3) GefStoffV gegenüber Gefahrstoffen auch nach den Ergebnissen der Substitutionsprüfung nicht auszuschließen, haben Arbeitgeber und Arbeitgeberinnen durch Festlegung und Anwendung geeigneter Schutzmaßnahmen die Gefährdungen auf ein Minimum zu reduzieren (§ 7 (4) GefStoffV). Dabei haben sie die Rangfolge der Schutzmaßnahmen (technisch, organisatorisch, personengetragen) zu beachten.

Die DGUV Information 209-086 „Stückverzinken“ erläutert branchenspezifische Umsetzungen bei Anwendung geeigneter Schutzmaßnahmen nach dem Stand der Technik gegenüber gesundheitsgefährdenden Gefahrstoffexpositionen.

Dabei handelt es sich unter Beachtung der Rangfolge nach §7 (3) Gefahrstoffverordnung um folgende Schutzmaßnahmen:

- (1) Gestaltung geeigneter Verfahren/Einsatz emissionsfreier oder emissionsarmer Verwendungsformen
In der Vorbehandlung und beim Stückverzinken ist die optimale Einstellung von Prozessparametern wie Konzentration und Temperatur zu berücksichtigen (ein Beispiel ist die Wahl des optimalen Betriebspunkts bei der Eisenbeize und bei der Zinkbeize) sowie der Einsatz emissionsmindernder Verfahrensansätze, zum Beispiel die Verwendung von Emissionshemmern; diese Maßnahme eignet sich besonders bei der Eisenbeize in der Vorbehandlung.
- (2) Anwendung kollektiver Schutzmaßnahmen technischer Art an der Gefahrenquelle, wie angemessene Be- und Entlüftung
Kann durch die Gestaltung emissionsmindernder Verfahren nicht verhindert werden, dass Gefahrstoffe frei werden, sind die Gefahrstoffe nach § 9 (2) GefStoffV in einem geschlossenen System zu verwenden. Ist die Anwendung eines geschlossenen Systems technisch nicht möglich, haben Arbeitgeberinnen und Arbeitgeber dafür zu sorgen, dass die Exposition der Beschäftigten nach dem Stand der Technik und unter Beachtung von § 7 (4) GefStoffV so weit wie möglich verringert wird.

Beispiele für die geschlossene Bauart (Kapselung) sind:

- die gekapselte oder eingehauste Vorbehandlungsanlage mit Absaugung,
- der gekapselte oder eingehauste Zinkkessel mit Absaugung.

Beispiele für die offene Bauart sind:

- das offene Bad in der Vorbehandlung mit Randabsaugung,
- der offene ebenerdige Zinkkessel mit Randabsaugung.

- (3) Organisatorische Schutzmaßnahmen
Lässt sich die Gefährdung durch technische Schutzmaßnahmen nicht ausreichend minimieren, sind zunächst geeignete organisatorische Schutzmaßnahmen und erst dann individuelle Schutzmaßnahmen zu ergreifen; diese organisatorischen Schutzmaßnahmen umfassen zum Beispiel:
 - Begrenzung der Anzahl der Beschäftigten in Arbeitsbereichen mit erhöhter Gefahrstoffexposition (Aufenthaltsbeschränkung; § 8 (1) Nr. 3 GefStoffV)
 - Begrenzung der Verweildauer von Beschäftigten in Arbeitsbereichen mit erhöhter Gefahrstoffexposition (Begrenzung der Kurzzeitexposition; § 8 (1) Nr. 4 GefStoffV)
 - Regelmäßige Reinigung der Arbeitsbereiche und der Arbeitsumgebung (§ 8 (1) Nr. 5 GefStoffV)
 - Erstellung von Betriebsanweisungen und Unterweisung der Beschäftigten (§ 14 GefStoffV)
 - Organisation der Bereitstellung und Reinigung von Arbeits- und Schutzkleidung
 - Hautschutz- und Hygienemaßnahmen
 - Sicherstellung der Ersten Hilfe
 - Organisation der arbeitsmedizinischen Vorsorge (siehe ArbMedVV) sowie der arbeitsmedizinisch-toxikologischen Beratung
- (4) Individuelle Schutzmaßnahmen
Ein Beispiel für eine individuell wirkende Schutzmaßnahme in Feuerverzinkereien ist die Kapselung und Belüftung ausschließlich des Steuerstands der Anlagenbedienerperson im Bereich der sonst offenen Vorbehandlung.

- (5) **Persönliche Schutzausrüstung**
 Wenn Gesundheitsgefahren durch technische und organisatorische Maßnahmen nicht ausgeschlossen werden können, müssen Arbeitgeberinnen und Arbeitgeber geeignete persönliche Schutzausrüstung kostenlos zur Verfügung stellen. Durch Wartungs-, Reparatur- und Ersatzmaßnahmen sowie durch ordnungsgemäße Lagerung tragen Arbeitgeber und Arbeitgeberinnen, aber auch die Beschäftigten, dafür Sorge, dass die persönlichen Schutzausrüstungen während der gesamten Benutzungsdauer gut funktionieren und sich in einem hygienisch einwandfreien Zustand befinden.

6.2 Bewertung und Empfehlung von Schutzmaßnahmen in den verschiedenen Arbeitsbereichen

6.2.1 Aufrüsten der Werkstücke

Im Arbeitsbereich „Aufrüsten der Werkstücke“ gibt es keine Überschreitungen der Arbeitsplatzgrenzwerte für Staub in der A- und E-Fraktion und für den Zinkanteil im Staub in der E-Fraktion sowie wenige Überschreitungen des Beurteilungsmaßstabs für den Zinkanteil im Staub in der A-Fraktion. Das 95-Perzentil für den Zinkanteil im Staub in der A-Fraktion ist dabei aber eingehalten.

Die bei den Messungen an diesen Arbeitsplätzen vorhandenen Schutzmaßnahmen sind daher bezogen auf die Staub-Emissionen und auf den Zinkanteil im Staub in der A- und E-Fraktion ausreichend.

6.2.2 Werkstückvorbehandlung

6.2.2.1 Offene Vorbehandlung ohne Randabsaugung

Die Arbeitsplatzgrenzwerte für Staub in der A- und E-Fraktion sowie der Beurteilungsmaßstab für den Zinkanteil im Staub in der A- und E-Fraktion wurden bei den stationären Messungen eingehalten.

Die Arbeitsplatzgrenzwerte für Natriumhydroxid und Phosphorsäure (Entfetten) sowie für Ammoniak (Fluxen) wurden bei den personengetragenen und stationären Messungen eingehalten.

Die bei den Messungen an diesen Arbeitsplätzen vorhandenen Schutzmaßnahmen sind daher bezogen auf die Emissionen von Staub, des Zinkanteils im Staub sowie von Natriumhydroxid und Phosphorsäure an den Entfettungsbädern und von Ammoniak beim Fluxen ausreichend.

Beizen mit Salzsäure (Eisenbeize)

Hier wurden in einzelnen Betrieben Überschreitungen des AGWs für Salzsäure (HCl) festgestellt. Diese betrafen offene Beizbäder ohne wirksame Schutzmaßnahmen nach § 7 (4) GefStoffV.

In solchen Fällen haben Arbeitgeberinnen und Arbeitgeber die Einhaltung des AGWs für Salzsäure nach § 7 (8) GefStoffV zu überprüfen; entweder durch Arbeitsplatzmessungen oder durch andere geeignete Methoden zur Ermittlung der Exposition.

Bei den betreffenden Beizbädern sollte zunächst, wie in der DGUV Information 209-086 „Stückverzinken“ dargestellt, die Möglichkeit der Anwendung emissionsarmer Verfahren (z. B. der Einsatz von Emissionshemmern) nach Abschnitt 6.2 der DGUV Information 209-086, gefolgt von der Anwendung kollektiver Schutzmaßnahmen technischer Art an der Gefahrenquelle, wie angemessene Be- und Entlüftung nach Abschnitt 6.3 der DGUV Information 209-086 „Stückverzinken“, geprüft werden.

6.2.2.2 Offene Vorbehandlung mit gekapseltem Bedienstand

Die Arbeitsplatzgrenzwerte für Salzsäure und Natriumhydroxid wurden bei den personengetragenen Messungen innerhalb des gekapselten Bedienstands eingehalten.

Die personengetragenen Messungen zeigen daher, dass die Einhausung der Anlagenbedienperson als Schutzmaßnahme an diesen Arbeitsplätzen, bezogen auf die Exposition der Anlagenbedienperson innerhalb der Einhausung gegenüber Salzsäure und Natriumhydroxid, ausreichend ist.

Die stationären Messungen fanden außerhalb des Bedienstands, das heißt in der offenen Vorbehandlung statt, so dass die Messergebnisse daher auch vergleichbar den Ergebnissen der stationären Messungen in der offenen Vorbehandlung sind.

Gegenüber einer kollektiv wirkenden Schutzmaßnahme schützt die Kapselung mit Belüftung des Steuerstands individuell nur die Anlagenbedienperson (DGUV Information 209-086, Abschnitt 3.4.3.5), während der gesamte Arbeitsbereich der ansonsten offenen Vorbehandlung selbst und damit die sich in ihm aufhaltenden Beschäftigten einer Gefahrstoffexposition ausge-

setzt bleiben. Permanente Arbeitsplätze sind in Bereichen mit dauerhafter Überschreitung der Arbeitsplatzgrenzwerte nicht zulässig. Die Anlagenbedienperson und andere Beschäftigte dürfen die offene Vorbehandlung in diesem Fall nur mit geeignetem Atemschutz sowie Augenschutz (Korbbrille) und, falls erforderlich, Gesichtsschutz betreten. Kurzfristige Aufenthalte, zum Beispiel zur Ausführung von Kontrolltätigkeiten, dürfen nur dann ohne Atemschutz erfolgen, wenn die Kurzzeitwertkonzentrationen (Produkte von Arbeitsplatzgrenzwerten und Überschreitungsfaktoren, siehe TRGS 900) nicht überschritten werden. Schichtmittelwerte sind in jedem Fall einzuhalten

6.2.2.3 Offene Vorbehandlung mit Randabsaugung an den Beizbädern

In den zwei betrachteten Betrieben wurde der Arbeitsplatzgrenzwert für Salzsäure (HCl) an den Beizbädern mit Randabsaugung eingehalten.

Die Randabsaugung ist daher als Schutzmaßnahme gegenüber den Emissionen von Salzsäure an diesen Beizbädern ausreichend. Dabei muss berücksichtigt werden, dass die nachgewiesene Wirksamkeit der Randabsaugung in den beiden betrachteten Feuerverzinkereien darauf beruht, dass die Beizbäder im Vergleich mit anderen in diesem Messprogramm betrachteten Betrieben eine geringere Breite aufwiesen (< 1,2 m).

6.2.2.4 Geschlossene Vorbehandlung

Die Arbeitsplatzgrenzwerte für Staub in der A- und E-Fraktion sowie für den Zinkanteil im Staub in der A- und E-Fraktion wurden bei den stationären Messungen außerhalb der Einhausung eingehalten.

Die Arbeitsplatzgrenzwerte für Salzsäure (Beizen), Natriumhydroxid (Entfetten) und für Ammoniak (Fluxen) wurden bei den personengetragenen Messungen und bei den stationären Messungen außerhalb der Einhausung eingehalten.

Die personengetragenen Messungen zeigen, dass die Einhausung der gesamten Vorbehandlung als Schutzmaßnahme gegenüber Emissionen von Staub und des Zinkanteils im Staub sowie gegenüber den Gefahrstoffemissionen von Salzsäure, Natriumhydroxid und Ammoniak an den Arbeitsplätzen außerhalb der Einhausung ausreichend ist.

6.2.3 Feuerverzinken – offener und eingehauster Verzinkungskessel

Die Arbeitsplatzgrenzwerte für Staub in der E-Fraktion sowie der Beurteilungsmaßstab für den Zinkanteil im Staub in der E-Fraktion wurden bei den personengetragenen und stationären Messungen sowohl am offenen Verzinkungskessel mit Randabsaugung als auch beim eingehausten Verzinkungskessel eingehalten.

In einigen Betrieben wurde bei den personengetragenen und stationären Messungen der Beurteilungsmaßstab der A-Fraktion des Zinkanteils im Staub am offenen und am eingehausten Verzinkungskessel überschritten.

Nur beim eingehausten Verzinkungskessel wurde auch der Arbeitsplatzgrenzwert für die A-Fraktion des Staubs überschritten.

Hier sollte zunächst als technische Maßnahme die Wirksamkeit der vorhandenen Absaugungen geprüft und durch Maßnahmen nach Abschnitt 3.4.3.3. der DGUV Information 209-086 [5] erhöht werden, um die betreffenden Grenzwerte einzuhalten.

Beim eingehausten Zinkkessel ist die Wirksamkeit der Absaugung beim Öffnen der Einhausung zu überprüfen und im Bedarfsfall zu verbessern, und zwar bezogen auf Arbeitsplätze unmittelbar am Verzinkungskessel.

Untersuchungen der Staubemissionen haben gezeigt, dass die Emissionsspitzen von Staub im Zinkrauch (die Partikelanzahlkonzentration beziehungsweise die Konzentration an Ultrafeinen Partikeln) beim eingehausten Zinkkessel erst nach dem Öffnen der Einhausung und bei Arbeiten direkt am Verzinkungsbad, besonders beim Abziehen der Zinkasche an der Oberfläche der Zinkschmelze, auftreten [20].

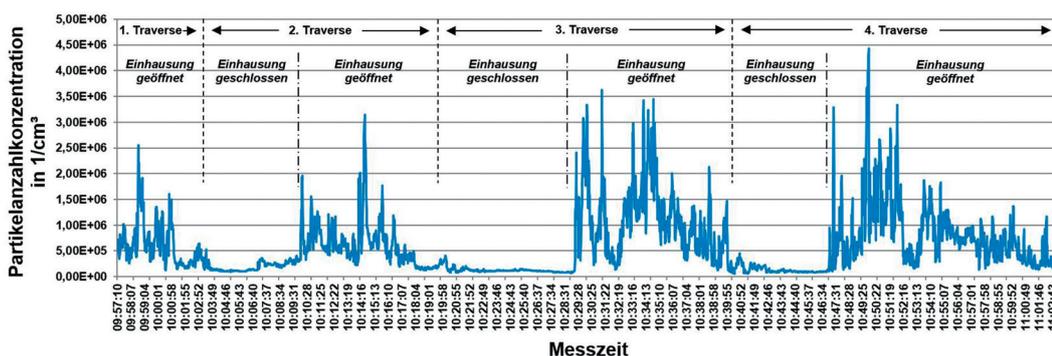


Abbildung 1: Partikelanzahlkonzentration am eingehausten Verzinkungskessel in Abhängigkeit von der Zeit während des Verzinkungsprozesses (Eintauchen mehrerer Traversen in den Verzinkungskessel).

Diese Erkenntnisse lassen sich aufgrund eines vergleichbaren Verfahrensablaufs auf den offenen, ebenerdigen Zinkkessel übertragen; auch dort sollten die Emissionsspitzen von Staub im Zinkrauch (die Partikelanzahlkonzentration) bei Arbeiten direkt am Verzinkungsbad, besonders beim Abziehen der Zinkasche an der Oberfläche der Zinkschmelze, auftreten.

An beiden Verzinkungskesseln sollte die Wirksamkeit der Erfassung sichergestellt werden.

Des Weiteren kann die Tätigkeit der Schlackeabstreifung am Zinkkessel aus technischer und organisatorischer Sicht hinterfragt werden:

- Es ist zu prüfen, ob durch eine technische Maßnahme die Automatisierung dieses Prozesses möglich wäre; durch den Wegfall dieser Tätigkeit fielen auch die hier festgestellten inhalativen Gefährdungen der Beschäftigten gegenüber der A-Fraktion von Staub und der A-Fraktion des Zinkanteils im Staub während dieses Verfahrensschritts weg.
- Eine geeignete organisatorische Maßnahme wäre die Minimierung der Aufenthaltsdauer der Beschäftigten am Verzinkungskessel beim Ascheabstreifen.

Die TRGS 504 „Tätigkeiten mit Exposition gegenüber A- und E-Staub“ [20] gibt weitere konkrete Hinweise zur Gefährdungsbeurteilung, Ermittlung, Bewertung und Festlegung von Schutzmaßnahmen.

6.2.4 Abkühlen und Nacharbeit der Werkstücke

Die Arbeitsplatzgrenzwerte für Staub in der A- und E-Fraktion wurden bei den personengetragenen und stationären Messungen eingehalten.

Nur bei den stationären Messungen des Zinkanteils im Staub in der A- und E-Fraktion wurde der Beurteilungsmaßstab eingehalten.

Bei der Nacharbeit der verzinkten Werkstücke wird bei den personengetragenen Messungen in einigen Betrieben der Arbeitsplatzgrenzwert für die A- und E-Fraktion des Zinkanteils im Staub überschritten.

Da dies die personengetragenen und nicht die stationären Messungen betrifft, könnte die erhöhte Exposition gegenüber der A- und E-Fraktion des Zinkanteils im Staub auch durch den Aufenthalt der Betroffenen in anderen Arbeitsbereichen verursacht worden sein.

Schleifarbeiten sind besonders zu beachten. Schleifarbeitsplätze sind mit einer wirksamen lokalen Erfassung (Absaugung) der Stäube nach Abschnitt 6.3 der DGUV Information 209-086 „Stückverzinken“ [5] nachzurüsten.

6.2.5 Arbeitsbereiche Feuerverzinken und Abrüsten – Metallanalytik

Die Expositionshöhen der Metalle Kupfer, Aluminium, Blei, Wismut, Nickel und Cadmium, deren Exposition aus dem Zinkrauch der Zinkschmelze herrührt, sind als unkritisch zu bewerten.

7 Überprüfung

Diese Expositionsbeschreibung wurde im August 2018 von der BGHM erarbeitet. Sollten sich maßgebliche Änderungen ergeben, wird die Expositionsbeschreibung aktualisiert.

8 Literaturstellen

- [1] Verordnung zum Schutz von gefährlichen Stoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV)
- [2] Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz – ArbSchG)
- [3] Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungswürdiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes (Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV)
- [4] TRGS 400 „Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“
- [5] DGUV Information 209-086 „Stückverzinken“
- [6] TRGS 900 „Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz; Luftgrenzwerte“
- [7] TRGS 910 „Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen“
- [8] TRGS 561 Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen und ihren Verbindungen
- [9] Richtlinie 98/24/EG des Rates vom 7. April 1998 zum Schutz von Gesundheit und Sicherheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch chemische Arbeitsstoffe bei der Arbeit
- [10] Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH), zur Schaffung einer Europäischen Chemikalienagentur, zur Änderung der Richtlinie 1999/45/EG und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 793/93 des Rates, der Verordnung (EG) Nr. 1488/94 der Kommission, der Richtlinie 76/769/EWG des Rates sowie der Richtlinien 91/155/EWG, 93/67/EWG, 93/105/EG und 2000/21/EG der Kommission – REACH-Verordnung
- [11] BekGS 901 Bekanntmachung zu Gefahrstoffen – Kriterien zur Ableitung von Arbeitsplatzgrenzwerten
- [12] TRGS 402 „Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition“
- [13] Peißker, P., Huckshold, M.: Handbuch Feuerverzinken, 4. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, Weinheim, Wiley-VCH, 2016.
- [14] Verordnung (EG) Nr. 1272 / 2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinie 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (GHS-Verordnung)
- [15] GESTIS-Stoffdatenbank Gefahrstoffinformationssystem der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung:
<http://www.dguv.de/ifa/gestis/gestis-stoffdatenbank/index.jsp>
- [16] MAK Liste MAK-Kommission:
http://www.dfg.de/dfg_magazin/forschungspolitik/gesundheitschutz_arbeitsplatz/aktuelles/index.html
- [17] MGU Messsystem Gefährdungsermittlung der UV-Träger
- [18] MEGA IFA Expositionsdatenbank – Messdaten zur Exposition gegenüber Gefahrstoffen am Arbeitsplatz
- [19] TRGS 600 „Substitution“
- [20] Bericht UFP Messtechnische Bestimmung von ultrafeinen Partikeln (UFP) beim Feuerverzinken, Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft, 77 (2017) Nr. 1/2 Januar / Februar.
- [20] TRGS 504 Tätigkeiten mit Exposition gegenüber A- und E-Staub.

9 Anhang – Grundlagen der Beurteilung

Die hier aufgeführten Gefahrstoffbelastungen beruhen auf Auswertungen von Arbeitsplatzmessungen in Feuerverzinkereien.

Die Messungen erfolgten mit den im Messsystem Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (MGU) anerkannten Probenahme- und Analyseverfahren; siehe IFA-Arbeitsmappe.

Während der Messungen wurden die üblichen Tätigkeiten durchgeführt.

Die Tabellen im Anhang 1 enthalten die statistisch ausgewerteten Arbeitsplatzkonzentrationen aus dem von Juli 2013 bis Dezember 2016 durchgeführten MGU-Messprogramm 9177 „Feuerverzinken (Stückverzinken)“ [17]. Die Ermittlung und Dokumentation der dargestellten Messdaten erfolgte nach den Kriterien des Messsystems Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger – MGU [17].

Die Nummerierung der folgenden Abschnitte A.x.y orientiert sich an der Nummerierung der Unterabschnitte im Abschnitt 5.x.y dieser Expositionsbeschreibung.

A.3.1 Aufrüsten der Werkstücke (Aufrüsten/Aufhängen)

Tabelle A. 1

K-Nr	Kurzbeschreibung Arbeitsbereich Gefahrstoff Beurteilungsmaßstab (BM)	Anzahl Mess- ergebnisse	Anzahl Betriebe	Anzahl Werte ≤ BM (in %)	Anzahl Werte < Bestimmungs- grenze	Minimal- wert (mg/m ³)	50 %- Wert (mg/m ³)	90 %- Wert (mg/m ³)	95 %- Wert (mg/m ³)	Maximal- wert (mg/m ³)
A.3.1.1 Staub in der A-Fraktion										
64	Aufrüsten/Aufhängen, Person/A-Fraktion [mg/m ³] BM = 1,25 mg/m ³	37	37	100	25	0,125	-	0,33	0,44	1,01
65	Aufrüsten/Aufhängen, stationär/A-Fraktion [mg/m ³] BM = 1,25 mg/m ³	34	34	100	27	0,2	-	0,24	0,37	0,83
A.3.1.1 Staub in der E-Fraktion										
68	Aufrüsten/Aufhängen, Person/E-Fraktion [mg/m ³] BM = 10,0 mg/m ³	37	37	100	5	0,125	0,6	1,33	1,88	2,59
69	Aufrüsten/Aufhängen, stationär/E-Fraktion [mg/m ³] BM = 10,0 mg/m ³	34	34	100	11	0,125	0,33	0,59	0,82	0,99
A.3.1.2 Zinkanteil im Staub in der A-Fraktion										
66	Aufrüsten/Aufhängen, Person/Zink in A-Fraktion [mg/m ³] BM = 0,1 mg/m ³	37	37	97	6	0,00044	0,004	0,027	0,06	0,17
67	Aufrüsten/Aufhängen, stationär/Zink in A-Fraktion [mg/m ³] BM = 0,1 mg/m ³	34	34	97	5	0,00044	0,0053	0,021	0,04	0,15
A.3.1.2 Zinkanteil im Staub in der E-Fraktion										
70	Aufrüsten/Aufhängen, Per- son/Zink in E-Fraktion [mg/m ³] BM = 2,0 mg/m ³	37	37	100	1	0,0007	0,037	0,14	0,23	0,3
71	Aufrüsten/Aufhängen, stationär/Zink in E-Fraktion [mg/m ³] BM = 2,0 mg/m ³	34	34	100	2	0,00051	0,027	0,13	0,18	0,19

A.3.2 Werkstückvorbehandlung

A.3.2.1 Vorbehandlung offen, allgemein/personengetragene und stationäre Messungen

Tabelle A. 2

K-Nr	Kurzbeschreibung Arbeitsbereich Gefahrstoff Beurteilungsmaßstab (BM)	Anzahl Messer-gebnisse	Anzahl Betriebe	Anzahl Werte ≤ BM (in %)	Anzahl Werte < Bestimmungsgrenze	Minimalwert (mg/m ³)	50 %-Wert (mg/m ³)	90 %-Wert (mg/m ³)	95 %-Wert (mg/m ³)	Maximalwert (mg/m ³)
Beizen										
A.3.2.1.1 Staub in der A- und E-Fraktion, stationär – Beizen										
14	Vorbehandlung, offen, Beizen stationär/A-Fraktion [mg/m ³] BM = 1,25 mg/m ³	18	18	100	10	0,18	-	0,85	0,92	0,95
16	Vorbehandlung, offen, Beizen stationär/E-Fraktion [mg/m ³] BM = 10,0 mg/m ³	18	18	100	6	0,23	0,38	1,09	1,58	2,72
A.3.2.1.2 Zinkanteil im Staub in der A- und E-Fraktion, stationär – Beizen										
15	Vorbehandlung, offen, Beizen stationär/Zink in A-Fraktion [mg/m ³] BM = 0,1 mg/m ³	18	18	94	2	0,00027	0,005	0,044	0,074	0,19
17	Vorbehandlung, offen, Beizen stationär/Zink in E-Fraktion [mg/m ³] BM = 2,0 mg/m ³	18	18	100	1	0,0006	0,02	0,13	0,21	0,25
Entfetten										
A.3.2.1.1 Staub in der A- und E-Fraktion, stationär – Entfetten										
8	Vorbehandlung, offen, Entfetten stationär/A-Fraktion [mg/m ³] BM = 1,25 mg/m ³	12	12	100	8	0,27	-	0,47	0,53	0,57
10	Vorbehandlung, offen, Entfetten stationär/E-Fraktion [mg/m ³] BM = 10,0 mg/m ³	12	12	100	5	0,21	0,26	0,78	4,31	8,61
A.3.2.1.2 Zinkanteil im Staub in der A- und E-Fraktion, stationär – Entfetten										
9	Vorbehandlung, offen, Entfetten stationär/Zink in A-Fraktion [mg/m ³] BM = 0,1 mg/m ³	12	12	100	1	0,0004	0,005	0,01	0,03	0,06
11	Vorbehandlung, offen, Entfetten stationär/Zink in E-Fraktion [mg/m ³] BM = 2,0 mg/m ³	12	12	92	1	0,00023	0,01	0,08	1,3	2,8
Fluxen										
A.3.2.1.1 Staub in der A- und E-Fraktion, stationär - Fluxen										
21	Vorbehandlung, offen, Fluxen stationär/A-Fraktion [mg/m ³] BM = 1,25 mg/m ³	13	13	100	8	0,22	-	0,33	0,41	0,52
23	Vorbehandlung, offen, Fluxen stationär/E-Fraktion [mg/m ³] BM = 10,0 mg/m ³	12	12	100	2	0,3	0,38	0,68	2,65	5,06
A.3.2.1.2 Zinkanteil im Staub in der A- und E-Fraktion, stationär – Fluxen										
22	Vorbehandlung, offen, Fluxen stationär/Zink in A-Fraktion [mg/m ³] BM = 0,1 mg/m ³	13	13	100	3	0,00074	0,006	0,021	0,032	0,048
24	Vorbehandlung, offen, Fluxen stationär/Zink in E-Fraktion [mg/m ³] BM = 2,0 mg/m ³	12	12	100	0	0,00033	0,022	0,094	0,64	1,3

A.3.2.1 Vorbehandlung offen, allgemein/personengetragene und stationäre Messungen

Tabelle A. 3

K-Nr	Kurzbeschreibung Arbeitsbereich Gefahrstoff Beurteilungsmaßstab (BM)	Anzahl Messer-gebnisse	Anzahl Betriebe	Anzahl Werte ≤ BM (in %)	Anzahl Werte < Bestimmungsgrenze	Minimalwert (mg/m³)	50 %-Wert (mg/m³)	90 %-Wert (mg/m³)	95 %-Wert (mg/m³)	Maximalwert (mg/m³)
A.3.2.1.3 Beizen, Salzsäure										
1	Vorbehandlung, offen, allgemein, Person alle Werte/HCl [mg/m³] BM = 3,0 mg/m³	18	18	89	2	0,24	0,56	2,94	4,95	6,15
18	Vorbehandlung, offen, Beizen stationär/alle Werte/HCl [mg/m³] BM = 3,0 mg/m³	19	19	58	2	0,44	2,62	12,41	13,94	14,49
A.3.2.1.4 Entfetten, Natriumhydroxid										
6	Vorbehandlung, offen, allgemein, Person/NaOH [mg/m³] BM = 0,5 mg/m³	11	11	100	11	-	-	-	-	-
13	Vorbehandlung, offen, Entfetten stationär/NaOH [mg/m³] BM = 0,5 mg/m³	9	9	100	9	-	-	-	-	-
A.3.2.1.5 Entfetten, Phosphorsäure										
7	Vorbehandlung, offen, allgemein, Person/Phosphorsäure [mg/m³] BM = 2,0 mg/m³	8	8	100	8	-	-	-	-	-
12	Vorbehandlung, offen, Entfetten stationär/Phosphorsäure [mg/m³] BM = 2,0 mg/m³	8	8	100	8	-	-	-	-	-
A.3.2.1.6 Fluxen, Ammoniak										
5	Vorbehandlung, offen, allgemein, Person/Ammoniak [mg/m³] BM = 14,0 mg/m³	19	19	100	18	0,1	-	-	-	-
25	Vorbehandlung, offen, Fluxen stationär/Ammoniak [mg/m³] BM = 14,0 mg/m³	17	17	100	17	-	-	-	-	-

A.3.2.2 Vorbehandlung offen, ohne Randabsaugung/personengetragene und stationäre Messungen

Tabelle A. 4

K-Nr	Kurzbeschreibung Arbeitsbereich Gefahrstoff Beurteilungsmaßstab (BM)	Anzahl Messergebnisse	Anzahl Betriebe	Anzahl Werte ≤ BM (in %)	Anzahl Werte < Bestimmungsgrenze	Minimalwert (mg/m³)	50 %-Wert (mg/m³)	90 %-Wert (mg/m³)	95 %-Wert (mg/m³)	Maximalwert (mg/m³)
2	Vorbehandlung, offen, allgemein, Person, ohne Absaugung am Beizbecken / HCl [mg/m³] BM = 3,0 mg/m³	13	13	85	2	0,24	0,85	4,23	5,3	6,15
19	Vorbehandlung, offen, Beizen stationär / ohne Randabsaugung, HCl [mg/m³] BM = 3,0 mg/m³	18	18	56	2	0,59	2,07	12,59	13,97	14,49

A.3.2.3 Vorbehandlung offen, gekapselter Bedienstand/personengetragene und stationäre Messungen

Tabelle A. 5

K-Nr	Kurzbeschreibung Arbeitsbereich Gefahrstoff Beurteilungsmaßstab (BM)	Anzahl Messergebnisse	Anzahl Betriebe	Anzahl Werte ≤ BM (in %)	Anzahl Werte < Bestimmungsgrenze	Minimalwert (mg/m³)	50 %-Wert (mg/m³)	90 %-Wert (mg/m³)	95 %-Wert (mg/m³)	Maximalwert (mg/m³)
Beizen, Salzsäure										
3	Vorbehandlung, offen, allgemein, Person, mit gekapseltem Bedienstand/HCl [mg/m³] BM = 3,0 mg/m³	4	4	100	1	0,305	-	-	-	1,42
4	Vorbehandlung, offen, allgemein, stationär, mit gekapseltem Bedienstand/HCl [mg/m³] BM = 3,0 mg/m³	4	4	50	-	1,39	-	-	-	14,49
Entfetten, Natriumhydroxid										
69	Vorbehandlung, offen, allgemein, Person/mit gekapseltem Bedienstand/NaOH [mg/m³] BM = 0,5 mg/m³	3	3	100	3	-	-	-	-	-
70	Vorbehandlung, offen, Entfetten stationär / mit gekapseltem Bedienstand/NaOH [mg/m³] BM = 0,5 mg/m³	2	2	100	2	-	-	-	-	-

A.3.2.4 Vorbehandlung offen, mit Randabsaugung/personengetragene und stationäre Messungen

Tabelle A. 6

K-Nr	Kurzbeschreibung Arbeitsbereich Gefahrstoff Beurteilungsmaßstab (BM)	Anzahl Mess- ergebnisse	Anzahl Betriebe	Anzahl Werte \leq BM (in %)	Anzahl Werte $<$ Bestimmungs- grenze	Minimal- wert (mg/m ³)	50 %- Wert (mg/m ³)	90 %- Wert (mg/m ³)	95 %- Wert (mg/m ³)	Maximal- wert (mg/m ³)
4	Vorbehandlung, offen, allgemein, Person, mit Randabsaugung/HCl [mg/m ³] BM = 3,0 mg/m ³	2	2	100	0	0,24	-	-	-	0,54
20	Vorbehandlung, offen, Bei- zen stationär/mit Randab- saugung/ HCl [mg/m ³] BM = 3,0 mg/m ³	2	2	100	0	0,44	-	-	-	1,59

A.3.2.5 Vorbehandlung geschlossen, mit Absaugung/personengetragene und stationäre Messungen

Tabelle A. 7

K-Nr	Kurzbeschreibung Arbeitsbereich Gefahrstoff Beurteilungsmaßstab (BM)	Anzahl Messer-gebnisse	Anzahl Betriebe	Anzahl Werte ≤ BM (in %)	Anzahl Werte < Bestimmungsgrenze	Minimalwert (mg/m ³)	50 %-Wert (mg/m ³)	90 %-Wert (mg/m ³)	95 %-Wert (mg/m ³)	Maximalwert (mg/m ³)
A.2.5.1 Staub in der A- und E-Fraktion, stationär										
60	Vorbehandlung, geschlossen, stationär A-Fraktion [mg/m ³] BM = 1,25 mg/m ³	15	15	100	6	0,18	0,25	0,48	0,53	0,53
62	Vorbehandlung, geschlossen, stationär E-Fraktion [mg/m ³] BM = 10,0 mg/m ³	15	15	100	4	0,15	0,27	0,63	0,67	0,73
A.2.5.2 Zinkanteil im Staub in der A- und E-Fraktion, stationär										
61	Vorbehandlung, geschlossen, stationär/Zink in A-Fraktion [mg/m ³] BM = 0,1 mg/m ³	15	15	100	1	0,0013	0,011	0,04	0,05	0,062
63	Vorbehandlung, geschlossen, stationär/Zink in E-Fraktion [mg/m ³] BM = 2,0 mg/m ³	15	15	100	1	0,0047	0,027	0,08	0,09	0,13
A.2.5.3 Beizen, Salzsäure										
54	Vorbehandlung, geschlossen, Person/HCl [mg/m ³] BM = 3,0 mg/m ³	9	9	100	6	0,09	-	-	-	1,36
55	Vorbehandlung, geschlossen, stationär/HCl [mg/m ³] BM = 3,0 mg/m ³	16	16	100	15	0,09	-	-	0,068	0,09
A.2.5.4 Entfetten, Natriumhydroxid										
58	Vorbehandlung, geschlossen, Person/NaOH [mg/m ³] BM = 0,5 mg/m ³	6	6	100	6	-	-	-	-	-
59	Vorbehandlung, geschlossen, stationär/NaOH [mg/m ³] BM = 0,5 mg/m ³	9	9	100	9	-	-	-	-	-
A.2.5.5 Fluxen, Ammoniak										
56	Vorbehandlung, geschlossen, Person/Ammoniak [mg/m ³] BM = 14,0 mg/m ³	9	9	100	9	--	-	-	-	--
57	Vorbehandlung, geschlossen, stationär/Ammoniak [mg/m ³] BM = 14,0 mg/m ³	16	16	100	14	0,1	-	0,08	0,11	0,15

A.3.3 Feuerverzinken

A.3.3.1 Geschlossener Verzinkungskessel mit Absaugung/personengetragene und stationäre Messungen

Tabelle A. 8

K-Nr	Kurzbeschreibung Arbeitsbereich Gefahrstoff Beurteilungsmaßstab (BM)	Anzahl Messer-gebnisse	Anzahl Betriebe	Anzahl Werte ≤ BM (in %)	Anzahl Werte < Bestimmungsgrenze	Minimalwert (mg/m ³)	50 %-Wert (mg/m ³)	90 %-Wert (mg/m ³)	95 %-Wert (mg/m ³)	Maximalwert (mg/m ³)
A.3.3.1.1 Staub in der A- Fraktion, personengetragen und stationär										
26	Verzinkungskessel, geschlossen mit Absaugung, Person/A-Fraktion [mg/m ³] BM = 1,25 mg/m ³	31	30	90	5	0,17	0,38	1,21	1,95	2,35
27	Verzinkungskessel, geschlossen mit Absaugung, stationär/A-Fraktion [mg/m ³] BM = 1,25 mg/m ³	31	30	97	13	0,16	0,18	0,46	0,59	1,39
A.3.3.1.1 Staub in der E- Fraktion, personengetragen und stationär										
30	Verzinkungskessel, geschlossen mit Absaugung, Person/E-Fraktion [mg/m ³] BM = 10,0 mg/m ³	31	30	100	1	0,4	0,83	1,83	2,38	2,69
31	Verzinkungskessel, geschlossen mit Absaugung, stationär/E-Fraktion [mg/m ³] BM = 10,0 mg/m ³	31	30	100	5	0,2	0,49	1,08	1,93	2,99
A.3.3.1.2 Zinkanteil im Staub in der A-Fraktion, personengetragen und stationär										
28	Verzinkungskessel, geschlossen mit Absaugung, Person/Zink in A-Fraktion [mg/m ³] BM = 0,1 mg/m ³	31	30	68	0	0,0047	0,04	0,19	0,2	0,25
29	Verzinkungskessel, geschlossen mit Absaugung, stationär/Zink in A-Fraktion [mg/m ³] BM = 0,1 mg/m ³	31	30	97	0	0,0006	0,02	0,07	0,08	0,26
A.3.3.1.2 Zinkanteil im Staub in der E-Fraktion, personengetragen und stationär										
32	Verzinkungskessel, geschlossen mit Absaugung, Person/Zink in E-Fraktion [mg/m ³] BM = 2,0 mg/m ³	31	30	100	0	0,026	0,18	0,36	0,45	0,69
33	Verzinkungskessel, geschlossen mit Absaugung, stationär/Zink in E-Fraktion [mg/m ³] BM = 2,0 mg/m ³	31	30	100	1	0,00088	0,05	0,19	0,6	1,6
A.3.3.1.3 Ammoniak										
34	Verzinkungskessel, geschlossen mit Absaugung, Person/Ammoniak [mg/m ³] BM = 14,0 mg/m ³	28	27	100	21	0,1	0,05	0,17	0,34	0,82
35	Verzinkungskessel, geschlossen mit Absaugung, stationär/Ammoniak [mg/m ³] BM = 14,0 mg/m ³	29	28	100	28	-	-	-	-	0,22

A.3.3 Feuerverzinken

A.3.3.2 Offener Verzinkungskessel mit Absaugung/personengetragene und stationäre Messungen

Tabelle A. 9

K-Nr	Kurzbeschreibung Arbeitsbereich Gefahrstoff Beurteilungsmaßstab (BM)	Anzahl Messer-gebnisse	Anzahl Betriebe	Anzahl Werte ≤ BM (in %)	Anzahl Werte < Bestimmungsgrenze	Minimalwert (mg/m³)	50 %-Wert (mg/m³)	90 %-Wert (mg/m³)	95 %-Wert (mg/m³)	Maximalwert (mg/m³)
A.3.3.2.1 Staub in der A- Fraktion, personengetragen und stationär										
44	Verzinkungskessel, offen, mit Randabsaugung, Person/A-Fraktion [mg/m³] BM = 1,25 mg/m³	7	7	100	1	0,27	-	-	-	1,2
45	Verzinkungskessel, offen, mit Randabsaugung, stationär/A-Fraktion [mg/m³] BM = 1,25 mg/m³	6	6	67	2	0,51	-	-	-	3,82
A.3.3.2.1 Staub in der E- Fraktion, personengetragen und stationär										
48	Verzinkungskessel, offen, mit Randabsaugung, Person/E-Fraktion [mg/m³] BM = 10,0 mg/m³	7	7	100	0	0,44	-	-	-	2,2
49	Verzinkungskessel, offen, mit Randabsaugung, stationär/E-Fraktion [mg/m³] BM = 10,0 mg/m³	6	6	100	0	0,39	-	-	-	5,16
A.3.3.2.2 Zinkanteil im Staub in der A-Fraktion, personengetragen und stationär										
46	Verzinkungskessel, offen, mit Randabsaugung, Person/Zink in A-Fraktion [mg/m³] BM = 0,1 mg/m³	7	7	71	0	0,018	-	-	-	0,26
47	Verzinkungskessel, offen, mit Randabsaugung, stationär/Zink in A-Fraktion [mg/m³] BM = 0,1 mg/m³	6	6	50	0	0,0064	-	-	-	1,3
A.3.3.2.2 Zinkanteil im Staub in der E-Fraktion, personengetragen und stationär										
50	Verzinkungskessel, offen, mit Randabsaugung, Person/Zink in E-Fraktion [mg/m³] BM = 2,0 mg/m³	7	7	100	0	0,05	-	-	-	0,81
51	Verzinkungskessel, offen, mit Randabsaugung, stationär/Zink in E-Fraktion [mg/m³] BM = 2,0 mg/m³	6	6	100	0	0,041	-	-	-	1,6
A.3.3.2.3 Ammoniak										
52	Verzinkungskessel, offen, mit Randabsaugung, Person/Ammoniak [mg/m³] BM = 14,0 mg/m³	7	7	100	3	0,19	-	-	-	0,6
53	Verzinkungskessel, offen, mit Randabsaugung, stationär/Ammoniak [mg/m³] BM = 14,0 mg/m³	6	6	100	3	0,51	-	-	-	0,63

A.3.4 Abrüsten, Nacharbeit der Werkstücke

Tabelle A. 10

K-Nr	Kurzbeschreibung Arbeitsbereich Gefahrstoff Beurteilungsmaßstab (BM)	Anzahl Messergebnisse	Anzahl Betriebe	Anzahl Werte ≤ BM (in %)	Anzahl Werte < Bestimmungsgrenze	Minimalwert (mg/m³)	50 %-Wert (mg/m³)	90 %-Wert (mg/m³)	95 %-Wert (mg/m³)	Maximalwert (mg/m³)
A.3.4.1 Staub in der A-Fraktion, personengetragen und stationär										
36	Abrüsten/Nacharbeit, Person/A-Fraktion [mg/m³] BM = 1,25 mg/m³	35	35	100	19	0,17	0,13	0,42	0,47	1,08
37	Abrüsten/Nacharbeit, stationär/A-Fraktion [mg/m³] BM = 1,25 mg/m³	33	33	100	26	0,16	0,13	0,21	0,27	0,42
A.3.4.1 Staub in der E-Fraktion, personengetragen und stationär										
40	Abrüsten/Nacharbeit, Person/E-Fraktion [mg/m³] BM = 10,0 mg/m³	35	35	100	1	0,3	0,88	3,76	5,23	7,25
41	Abrüsten/Nacharbeit, stationär/E-Fraktion [mg/m³] BM = 10,0 mg/m³	33	33	100	3	0,2	0,62	0,91	1,15	2,24
A.3.4.2 Zinkanteil im Staub in der A-Fraktion, personengetragen und stationär										
38	Abrüsten/Nacharbeit, Person/Zink in A-Fraktion [mg/m³] BM = 0,1 mg/m³	35	35	89	2	0,0039	0,02	0,1	0,13	0,21
39	Abrüsten/Nacharbeit, stationär/Zink in A-Fraktion [mg/m³] BM = 0,1 mg/m³	33	33	100	0	0,000066	0,01	0,029	0,033	0,071
A.3.4.2 Zinkanteil im Staub in der E-Fraktion, personengetragen und stationär										
42	Abrüsten/Nacharbeit, Person/Zink in E-Fraktion [mg/m³] BM = 2,0 mg/m³	35	35	91	0	0,026	0,31	1,96	2,7	3,6
43	Abrüsten/Nacharbeit, stationär/Zink in E-Fraktion [mg/m³] BM = 2,0 mg/m³	33	33	100	0	0,015	0,11	0,37	0,62	0,73

A.3.5 Arbeitsplatzübergreifende Messungen – Metallanalytik

Erweiterte Metallanalytik in allen Arbeitsbereichen:

Tabelle A. 11

Metall	Anzahl Messwerte	Anzahl <-Werte	Maximalwert (mg/m ³)	Beurteilungsmaßstab (BM)	Bemerkung
Aluminium (A-Fraktion)	39	36	0,021	allg. Staubgrenzwert 1,25 mg/m ³ (A)	Maximalwert kleiner als BM
Aluminium (E-Fraktion)	12	6	0,021	allg. Staubgrenzwert 10 mg/m ³ (E)	Maximalwert kleiner als BM
Blei (A-Fraktion)	18	15	0,00048		Kein BM existent
Blei (E-Fraktion)	12	3	0,00054	EW-Wert 0,1 mg/m ³ (E)	Maximalwert kleiner als BM
Cadmium (A-Fraktion)	37	37	< 0,00047	AK-Wert 0,00016 mg/m ³ (A)	Erstmessung; Maximalwert größer als BM; hohe labortechnische Bestimmungsgrenze lässt keine abschließende Beurteilung zu
Cadmium (A-Fraktion)	10	10	< 0,00056 (Pers.) < 0,00011 (Stat.)	AK-Wert 0,00016 mg/m ³ (A)	Nachmessung wegen neuem AK-Wert; hohe labortechnische Bestimmungsgrenze lässt keine abschließende Beurteilung der personengetragenen Messung zu; Maximalwert der stationären Messung ist kleiner als BM
Cadmium (E-Fraktion)	37	37	< 0,00047	TK-Wert 0,001 mg/m ³ (E)	Erstmessung; Maximalwert kleiner als BM
Cadmium (E-Fraktion)	10	10	< 0,00056 (Pers.) < 0,00011 (Stat.)	TK-Wert 0,001 mg/m ³ (E)	Nachmessung wegen neuem TK-Wert; Maximalwert kleiner als BM
Kupfer (A-Fraktion)	38	38	< 0,0018	DFG-Vorschlag 0,01 mg/m ³ (A)	Maximalwert kleiner als BM
Kupfer (E-Fraktion)	38	35	0,00085		Kein BM existent
Nickelmetall (A-Fraktion)	48	42	0,0012	AGW 0,006 mg/m ³ (A)	Erst- und Nachmessungen zusammen; Maximalwert kleiner als BM
Wismut (A-Fraktion)	7	7	< 0,00030		Kein BM existent
Wismut (E-Fraktion)	7	7	< 0,00030		Kein BM existent

Legende

AGW – Arbeitsplatzgrenzwert

AK – Akzeptanzkonzentration

BM – Beurteilungsmaßstab

DFG – Deutsche Forschungsgemeinschaft

EW – Empfehlungswert der Unfallversicherungsträger

TK – Toleranzkonzentration

**Berufsgenossenschaft
Holz und Metall**

Internet: www.bghm.de

Kostenfreie Servicehotline: 0800 9990080-0