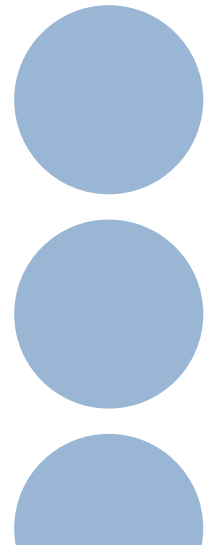


Anlagentechnik Galvanik



1

Inhalt

1. Verfahren und Anlagen in der Oberflächenbehandlung
 - 1.1 Anlagentechniken
 - 1.2 Verfahren
2. Betrieb von Oberflächenbehandlungsanlagen
 - 2.1 Risikobeurteilung und Gefährdungsbeurteilung
 - 2.2 Galvanotechnische Einrichtungen
 - 2.3 Beschickungseinrichtungen
3. Konstruktion von Oberflächenbehandlungsanlagen
 - 3.1 Risikobeurteilung und Gefährdungsermittlung
 - 3.2 Aufbau der DIN EN 17059
 - 3.3 Schutz gegenüber Gefahrstoffen -
Chemische Gefährdungen und Gefährdungen durch Explosionen
 - 3.4 Technische Lüftung
 - 3.5 Brandschutzmaßnahmen

ID 050975

2

1. Verfahren und Anlagen der Oberflächenbehandlung

- 1.1 Anlagentechniken
 - 1.1.1 Handgalvanik
 - 1.1.2 Galvanik mit manueller Beschickungseinrichtung
 - 1.1.3 Vollautomat
- 1.2 Verfahren
 - 1.2.1 Vorbehandlungsverfahren
 - 1.2.2 Beschichtungsverfahren (inkl. Eloxieren)
 - 1.2.3 Nachbehandlungsverfahren

ID 050976

3

1. Oberflächenbehandlungsanlagen

- 1.1.1 Handgalvanik
 - Werkstücke händisch in Elektrolyten eingehängt,
 - Kleinere Werkstücke an Gestellen chargiert.
- 1.1.2 Galvanik mit manueller Beschickungseinrichtung
 - Chargierung mittels Hebezeug, Kran oder handbetätigtem Beschickungsgerät.
- 1.1.3 Vollautomat
 - Automatische Steuerung der Beschickung,
 - Werkstücke auf Warenträger (Gestelle) gesteckt,
 - Gestelle mittels Beschickungsgerät transportiert.

ID 050977

4



1.1 Oberflächenbehandlungsanlagen



1.1.1 Handgalvanik

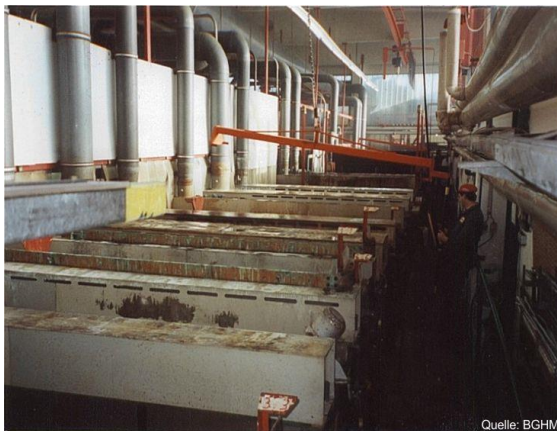
Quelle: Ewald Siodla Metalveredlungs GmbH, Witten

ID 050978

5



1.1 Oberflächenbehandlungsanlagen



1.1.2 Galvanik mit manueller
Beschiebungseinrichtung

Quelle: BGHM

ID 050979

6

1.1 Oberflächenbehandlungsanlagen



1.1.3 Vollautomat

ID 050981

7

1.1 Oberflächenbehandlungsanlagen



1.1.3 Vollautomat
Werkstücke auf Warenträger
(Gestelle)

ID 050982

8

1.2 Verfahren der Oberflächenbehandlung

1.2.1 Vorbehandlungsverfahren

- Polieren, Glänzen, chemisches Entgraten,
- Alkalische Entfettung, Elektrolytische Entfettung,
- Dekapieren,
- Beizen [...].

1.2.2 Beschichtungsverfahren / Oberflächenbehandlungsverfahren

- Galvanische Verfahren (elektrolytische Metallabscheidung),
- Chemische Verfahren (außenstromlose Metallabscheidung) [...].

1.2.3 Nachbehandlungsverfahren

- Chromatieren,
- Phosphatieren [...].

ID 050983

9

1.2.2 Beschichtungsverfahren

• **Galvanische Beschichtungsverfahren:**

- Glanzverchromen,
- Hartverchromen,
- Saures Verkupfern, Cyanidisches Verkupfern,
- Glanznickel, Halbglanznickel,
- Saures Verzinken, Alkalisches Verzinken, Cyanidisches Verzinken [...]

• **Chemische Beschichtungsverfahren:**

- Chemisches Vernickeln,
- Chromatieren (allgemein: Passivieren),
- Phosphatieren [...]

ID 050984

10

1.2.2 Oberflächenbehandlungsverfahren

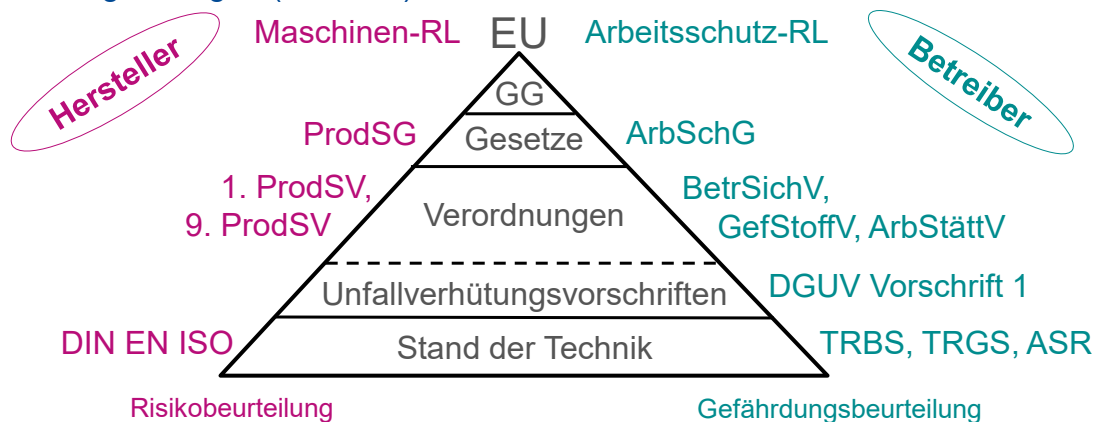
- Eloxieren
 - ➔ Anodische Oxidation von Aluminium, d. h. galvanisches Verfahren, Erzeugung verschleißfester Oxidschichten
- Schwefelsäureverfahren
 - ➔ Schwefelsäure als Elektrolyt
- Oxalsäureverfahren
 - ➔ Oxalsäure als Elektrolyt

ID 050985

11

2. Betrieb von Oberflächenbehandlungsanlagen

Rechtsgrundlagen (Auswahl)



ID 050689

12

2. Betrieb von Oberflächenbehandlungsanlagen

→ Anforderungen aus dem aktuellen Regelwerk:

- **BetrSichV (2015)**

§§ 3 - 6 BetrSichV: Allgemeine Mindestvorschriften als Schutzziele,

§§ 8 - 9 BetrSichV: Konkrete Mindestvorschriften.

→ ergänzt durch DGUV Regel 109-602 „Branche Galvanik“,
und z. B. DGUV Vorschrift 3, DGUV Regel 109-002 [...].

- **ArbStättV**

Anhang Anforderungen an Arbeitsstätten nach § 3 ArbStättV

ASR Technische Regeln für Arbeitsstätten

ID 051042

13

2. Betrieb von Oberflächenbehandlungsanlagen

→ Anforderungen aus dem aktuellen Regelwerk:

- **GefStoffV**

§ 2 (11) Stand der Technik (Definition)

§ 6 ff Gefährdungsbeurteilung

§§ 7, 8, 9 Grundpflichten, allgem. u. zusätzliche Schutzmaßnahmen

§ 11 und besondere Schutzmaßnahmen gegen Brände und

Anhang 1 Nr. 1 Explosionsgefährdungen

→ ergänzt durch die TRGS, z. B. TRGS 400 (Gefährdungsbeurteilung)
oder TRGS 900 (AGW) [...],

→ ergänzt durch DGUV Regel 109-602 „Branche Galvanik“,
und z. B. DGUV Regel 109-002, DGUV Information 209-009 [...].

ID 051043

14

2.1 Behälter und Rohrleitungen

- **Widerstandsfähigkeit**
 - Chemische Beständigkeit
 - Feuerbeständigkeit
- **Schutz gegen mechanische Beschädigungen**
 - Anfahrerschutz
 - Doppelwandige Rohre
- **Prüfung als elektrische Anlagen/Betriebsmittel**
 - „besonderer Raum“: feuchte und nasse Räume
 - Jährliche Prüfung durch befähigte Person

BetrSichV
§ 6 (3) Nr. 3 und
§ 9 (1) Nr. 10

GefStoffV
§ 11 und Anhang 1 Nr. 1

BetrSichV
§ 6 (3) Nr. 3 und
§ 9 (1) Nr. 10

BetrSichV
§ 3 (6) § 14 (1)
DGUV Vorschrift 3 § 5
DIN VDE 0100-737

ID 050993

15

2.1 Behälter und Rohrleitungen

- **Behälterrand:**
 - $\geq 1,00$ m Standfläche der Person
 - $\geq 0,70$ m Beschickungsseite handbeschickter Bäder (ohne Hebezeuge) - Abweichung vom Stand der Technik gemäß ASR A2.1 nur durch Gefährdungsbeurteilung.
- **Behälter cyanidischer Flüssigkeiten:**
 - ➔ Keine Berührung cyanidhaltiger Lösungen mit säurehaltigen Lösungen
 - Spülbad,
 - Trennwand,
 - getrennte Führung der Abläufe

ArbStättV
Anhang 1 Nr. 2.1 und
ASR A 2.1
BetrSichV
§ 9 (1) Nr. 5

BetrSichV
§ 6 (3) Nr. 3

GefStoffV
§§ 6, 7, 8, 9

ID 050995

16

2.1 Behälter und Rohrleitungen

- **Überhitzungsschutz:**
 - ➔ Sicherheitseinrichtungen für beheizte Bäder
Inhalt mit Gefährdungen bei Überhitzung
- **Trockengehschutz**
- **Schutz gegen Berührung heißer Oberflächen**
- **Spritzschutz:**
 - Behälter und Flansche (Nut und Feder)
- **Einrichtungen zum Befüllen und Entleeren:**
 - Geschlossene (Dosier-)Systeme mit Vorratsbehältern,
mit automatisierter Badanalytik

BetrSichV
§ 6 (3) Nr. 3 und
§ 9 (1) Nr. 10

BetrSichV
§ 9 (1) Nr. 10

BetrSichV
§ 9 (2)

BetrSichV
§ 6 (3) Nr. 3

ID 050997

17

2.2 Absaugung und Lüftung

- **Absaugung**
 - ➔ Entstehen von Gefahrstoffen in gesundheits-
schädlicher Konzentration oder von gefährlicher
explosionsfähiger Atmosphäre wird verhindert
Grenzwerte: TRGS 561, TRGS 900, TRGS 910 ansonsten
z. B. DGUV Information 213-716
- **Räumliche Anordnung** ➔ f (Dichte, Temperatur)
 - Dichte > Luft (z. B. Säuren beim Beizen)
 - ➔ **Randabsaugung**
 - Dichte < Luft (z. B. Wasserstoff-Entwicklung)
 - ➔ **Randabsaugung mit Badabdeckung (Deckel)**

GefStoffV
§ 7 (4) Nr. 2 und
§ 11 (2)

GefStoffV
§ 7 (4) Nr. 2 und
§ 11 (2)
DGUV Regel
109-002 Nr. 3 ff.

ID 050998

18

2.2 Absaugung und Lüftung

Beispiele für verfahrensspezifische Expositionen:

- | | |
|--|---|
| • Chrom-VI-Bäder (Hart-/Glanzverchromen) | Wasserstoff (H ₂) Chromsäureaerosole (Cr VI) Schwefelsäure (H ₂ SO ₄). |
| • Elektrolytische Entfettung (alkalisch, Natriumhydroxid) | Wasserstoff (H ₂) NaOH-Aerosole (NaOH). |
| • Cyanidisches Verzinken (Zinkoxid, Kaliumcyanid, Natriumhydroxid) | Wasserstoff (H ₂) NaOH-Aerosole (NaOH). |

ID 051044

19

2.2 Absaugung und Lüftung

- **Technische Lüftung**
→ umfasst den gesamten Raum (Zu- und Abluftsysteme)
- **Synergie-Effekte bzgl. Explosionsschutz**
→ Konzentration $c_i < UEG_i$; Beeinflussung der Ex.-Zonen durch Absaugungs- und Lüftungseinrichtungen
- **Prüfung durch befähigte Person (BetrSichV)**
→ Stand der Technik **DGUV Regel 109-002**
Kap. 3.7.2: Jährlich
Technische Schutzmaßnahmen mind. jedes 3. Jahr (§ 7 (7) GefStoffV – Funktion und Wirksamkeit)

GefStoffV
§ 7 (4) Nr. 2 und
§ 11 (2)
DGUV Regel
109-002 Nr. 3 ff.

BetrSichV
§ 3 (6) und § 14 (1)
DGUV Regel
109-002 Nr. 3.7.2

ID 051000

20

2.2 Absaugung und Lüftung

- **Ergänzungen**

- ➔ Reduzierung von Gasen/Dämpfen/Aerosolen durch chemische und mechanische Mittel:

- **Netzmittel** (bevorzugt: nicht-schäumend)
 - Schwimmelemente (Kunststoffkugeln) z. B. bei Chrom-VI-Bädern

ID 051001

21

2.3 Beschickungseinrichtungen

- **Vermeidung von Gefahrstellen**

- ➔ Konstruktive Maßnahmen:

- Sicherheitsgerechte Gestaltung (z. B. Abstände)
 - Begrenzung der wirksamen Energie auf eine ungefährliche Grenze

BetrSichV
§ 4 (1) und § 4 (2)

- **Sicherung von Gefahrstellen**

- ➔ Technische Schutzeinrichtungen:

- **trennend, ortsbindend, abweisend**
 - **mit Annäherungsreaktion (z. B. BWS, Schaltleisten)**
 - Fanghauben, -bügel, -bleche

BetrSichV
§ 9 (3)

ID 051003

22

2.3 Beschickungseinrichtungen



Technische Schutzeinrichtungen mit Annäherungsreaktion:

→ Ausführung I

- ausreichend ausgeführte technische Schutzeinrichtung
- Ausführung als Schaltplatte mit vollständiger Absicherung der Gefahrenstellen bei den Horizontal- und Vertikal-Bewegungen des Warenträgers

ID 051005

23

2.3 Beschickungseinrichtungen



Technische Schutzeinrichtungen mit Annäherungsreaktion:

→ Ausführung II

- unzureichend ausgeführte technische Schutzeinrichtung
- Ausführung als Schaltbügel mit unvollständiger Absicherung der Gefahrenstellen bei den Horizontal- und Vertikal-Bewegungen des Warenträgers

ID 051045

24

2.3 Beschickungseinrichtungen



Technische Schutzeinrichtungen mit Annäherungsreaktion:

➔ Ausführung III

- mangelhaft ausgeführte technische Schutzeinrichtung
- nicht bestimmungsgemäße Ausführung als Not-Halte-Einrichtung ohne Absicherung der Gefahrenstellen bei den Horizontal- und Vertikal-Bewegungen des Warenträgers

ID 051011

25

3. Konstruktion von Oberflächenbehandlungsanlage

3.1 Risikobeurteilung und Gefährdungsbeurteilung

3.1.1 Risikobeurteilung (Hersteller)

➔ Ansätze zur Risikominderung:

- Inhärent Sichere Konstruktion
- Technische Schutzmaßnahmen
- Benutzerinformation (Betriebsanleitung)

3.1.2 Betriebsanleitung (Hersteller)

- Organisation
- Persönliche Schutzausrüstung
- Training

➔ Gefährdungsbeurteilung (Betreiber)

ID 050986

26

3. Konstruktion von Oberflächenbehandlungsanlage

3.2 Risikobeurteilung

→ Betrachtung nach Art der Gefährdung:

- Mechanische Gefährdungen
- Elektrische Gefährdungen
- Thermische Gefährdungen
- Gefährdungen durch Lärm
- Chemische Gefährdungen
- Ergonomische Gefährdungen.



**DIN EN ISO
12100**

→ (Technische) Schutzmaßnahmen in verschiedenen (Arbeits-)bereichen der (Galvanik-)anlage.



**DIN EN
17059**

ID 050987

27

3.3 Aufbau der DIN EN 17059

DIN EN 17059

„Galvanik- und Anodisieranlagen
- Sicherheitsanforderungen“

| DEUTSCHE NORM | | Oktober 2018 |
|--|------------------------------------|--------------|
| | DIN EN 17059 | DIN |
| ICS 25.220.20 | | |
| Galvanik- und Anodisieranlagen – Sicherheitsanforderungen; Deutsche Fassung EN 17059:2018 | | |
| Plating and anodizing lines – Safety requirements; German version EN 17059:2018 Lignes de traitement de surface et d'anodisation – Prescriptions de sécurité; Version allemande EN 17059:2018 | | |
| 7/13/39 | Quelle: DIN EN 17059:2018-10, S. 1 | |

ID 051028

28



3.3 Aufbau der DIN EN 17059

Abschnitt 4:
Anforderungen -
Technische Schutzmaßnahmen

4 Anforderungen 16

4.1 Allgemeines 16

4.2 Mechanische Sicherheitsanforderungen 17

4.2.1 Allgemeines 17

4.2.2 Maßnahmen gegen Gefährdungen durch Scheren, Quetschen, Schneiden, Einziehen und Stoß 17

4.2.3 Sicherheitsmaßnahmen gegen Verlust der Standfestigkeit 18

4.2.4 Sicherheitsmaßnahmen gegen Gefährdungen durch Erfassen und Einschluss 20

4.2.5 Sicherheitsmaßnahmen gegen Rutschen, Stolpern und Fallen 21

4.2.6 Sicherheitsmaßnahmen gegen Gefährdungen durch druckführende Medien 21

4.3 Sicherheitsanforderungen gegen elektrische Gefährdungen 21

4.3.1 Allgemeines 21

4.3.2 Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag 22

4.3.3 Schutzmaßnahmen gegen äußere Einflüsse auf die elektrische Ausrüstung 22

4.3.4 Schutzmaßnahmen gegen elektrische Funken/Lichtbögen 22

4.4 Sicherheitsanforderungen gegen und Schutzmaßnahmen für thermische Gefährdungen 23

4.4.1 Allgemeines 23

4.4.2 Maßnahmen gegen Hautkontakt mit heißen Oberflächen 23

4.4.3 Maßnahmen gegen Hautkontakt mit heißen Flüssigkeiten 23

4.4.4 Maßnahmen gegen Wärmestrahlung und/oder -konvektion 24

4.4.5 Maßnahmen gegen Überhitzung der Prozessmedien 24

4.5 Sicherheitsanforderungen und Schutzmaßnahmen gegen Lärm 25

4.6 Gefahrstoffe 26

4.6.1 Allgemeines 26

4.6.2 Gesundheit 28

4.6.3 Explosionen 30

4.7 Brandschutzmaßnahmen 31

4.7.1 Allgemeines 31

4.7.2 Zündquellen 32

4.7.3 Bauliche Maßnahmen 32

4.7.4 Verfahrenstechnische Maßnahmen 33

4.7.5 Brandlast 33

4.7.6 Brandmelde- und Löscheinrichtungen 33

4.7.7 Zusätzliche Maßnahmen 33

4.7.8 Benutzerinformationen 34

4.8 Sicherheitsanforderungen gegen Gefährdungen durch Ausfall der Energieversorgung oder der Steuerung 34

4.9 Sicherheitsanforderungen an Steuerungen 34

4.9.1 Sicherheitsfunktionen 34

4.9.2 Ausrüstung 37

4.9.3 Ausfall oder Fehlfunktion von Steuerungen 38

ID 051029



3.3 Aufbau der DIN EN 17059

Abschnitt 5:
Übereinstimmung mit Sicherheitsanforderungen

Abschnitt 6:
Benutzerinformationen

Anhänge A - E:

- A Signifikante Gefährdungen
- B Transporteinheiten
- C Arbeitsbereiche
- D Berechnung von Abluftvolumenströmen
- E Liste Strömungsgeschwindigkeiten

5 Feststellung der Übereinstimmung mit den Sicherheitsanforderungen und/oder Schutzmaßnahmen 39

5.1 Allgemeines 39

5.2 Mechanische Gefährdungen 39

5.3 Elektrische Gefährdungen 39

5.4 Thermische Gefährdungen 39

5.5 Lärm 39

5.6 Gefahrstoffe 40

5.6.1 Allgemeines 40

5.6.2 Gesundheit 41

5.6.3 Explosionen 41

5.7 Brände 41

5.8 Ausfall der Energieversorgung 41

5.9 Sicherheitsanforderungen an Steuerungen 41

6 Benutzerinformationen 42

6.1 Allgemeines 42

6.2 Betriebsanleitung 43

6.2.1 Mindestangaben in der Betriebsanleitung 43

6.2.2 Angaben zum Betrieb von Galvanikanlagen 45

6.2.3 Instandhaltung 46

6.3 Kennzeichnung 48

Anhang A (informativ) Signifikante Gefährdungen 49

A.1 Allgemeines 49

A.2 Mechanische Gefährdungen 49

A.2.1 Allgemeines 49

A.2.2 Gefährdungen durch Scheren, Quetschen, Schneiden, Einziehen und Stoß 49

A.2.3 Verlust der Standfestigkeit 49

A.2.4 Erfassen oder fehlende Flächmöglichkeit 49

A.2.5 Gefährdungen durch Rutschen, Stolpern oder Fallen 50

A.2.6 Gefährdungen durch druckführende Medien 50

A.3 Elektrische Gefährdungen 50

A.3.1 Elektromagnetische Felder 50

A.3.2 Gefährdungen durch elektrischen Schlag 51

A.3.3 Gefährdungen durch elektrischen Funken/Lichtbögen 51

A.4 Thermische Gefährdungen 51

A.4.1 Gefährdung durch Lärm 51

A.4.2 Gefährdungen durch Gefahrstoffe 51

A.4.3 Gefährdungen durch Explosionen 51

A.4.4 Gefährdungen durch Lärm 51

A.4.5 Gefährdungen durch Explosionen 51

A.4.6 Gesundheit 51

A.4.7 Brände 51

A.4.8 Gefährdungen durch Ausfall der Energieversorgung oder der Steuerung 51

Anhang B (informativ) Beispiele von Transporteinheiten 54

Anhang C (informativ) Beispiele für Arbeitsbereiche 59

Anhang D (normativ) Berechnung des Luftvolumenstroms an offenen und mit Abdeckungen versehenen Prozessblöcken 62

D.1 Einleitung 62

D.2 Berechnung für Behälter mit Abdeckungen 62

D.3 Berechnungen für offene Behälter 64

D.4 Berechnungen für Einhausungen oder Tunnel 65

Anhang E (normativ) Vollständige Liste der erfassten Strömungsgeschwindigkeiten (mittlere Geschwindigkeit) in den verwendeten Hauptprozessen in der Galvanik- und Anodierindustrie 67

ID 051030

3.4 Schutz gegenüber Gefahrstoffen

- **Signifikante Gefährdungen durch Gefahrstoffe (4.6.1)***

- inhalative, dermale (und orale) Gefährdungen, und
- Gefährdungen durch Bildung explosionsfähiger Atmosphäre
 - ➔ Konzentration von Gefahrstoffen < festgesetzte Grenzwerte (Beurteilungsmaßstäbe, oder UEG) durch:

- **Emissionsarme Verfahren (4.6.1.2)***

- geschlossene Prozesse (z. B. automatische Dosiersysteme),
- Verwendung von Kathodenabdeckungen (Anodisieren),
- Verwendung von Umwälzpumpen / Warenträgerbewegungen.

- **Technische Lüftung - Zuluft- und Abluftsysteme (4.6.1.3)***

**aus der DIN EN 17059*

ID 051031

31

3.5 Technische Lüftung

- **Auslegung des Zu- und Abluftsystems durch Berechnung des Mindestabluftvolumenstroms V'_{\min}**

- Erfassung der Gefahrstoffe ($V'_{\min 1}$)
- Erfassung gef. explosionsfähiger Gemische ($V'_{\min 2}$)
 - ➔ Mindestabluftvolumenstrom V'_{\min} : höherer Wert ($V'_{\min 1/2}$)

- **Anhang D*:** Berechnungsverfahren zur Bestimmung der Abluftvolumenströme V'

(aus: ACGIH Industrial Ventilation, 29. Ausgabe 2016)

- **Anhang E*:** erforderliche Strömungsgeschwindigkeiten zur Erfassung der Gefahrstoffe in Abhängigkeit vom Verfahren - Parameter zur Bestimmung von V'

**aus der DIN EN 17059*

ID 051032

32

3.6 Brandschutzmaßnahmen

- **Vermeidung von Zündquellen (4.7.2)***

- ➔ Verhinderung der Entzündung brennbarer Prozessmedien und brennbarer Reaktionsprodukte (z. B. Wasserstoff H_2) durch Heizeinrichtungen,
- ➔ Verhinderung der Entzündung brennbarer Behälterwerkstoffe aufgrund von Kurzschluss, Überstrom und Ableitstrom gegen Potential bei elektrischen Heizeinrichtungen durch:
 - thermischen Übertemperaturschutz und
 - Verwendung von Heizelementen bestehend aus Werkstoffen mit positivem Temperaturkoeffizienten.

**aus der DIN EN 17059*

ID 051033

33

3.6 Brandschutzmaßnahmen

- **Vermeidung von Zündquellen (4.7.2)***

- ➔ Abschaltung des Stroms vor Entnahme von Warenträgern zur Vermeidung von Abreißfunken an den Kontakten der Warenträgeraufnahme

- **Verringerung der Brandlast (4.7.5)***

- ➔ Automatisches Abschalten der Randabsaugungen an den Prozessbädern (unter Berücksichtigung möglicher Erhöhung von Gefahrstoffkonzentrationen),
- ➔ Abdecken der Prozessbäder (automatisch bei Anlagen ohne Bedienperson),
- ➔ Ableitung von brennbaren Prozessmedien (Elektrolyten) in Sicherheitsbehälter.

**aus der DIN EN 17059*

ID 051034

34

3.6 Brandschutzmaßnahmen

- **Brandmelde- und Löscheinrichtungen (4.7.6)***

- Signaltechnische Verknüpfung der Einrichtungen mit dem Steuerungssystem der Anlage,
- Verbindung der Einrichtungen mit bauseits vorhandenen Gefahrenmeldeanlagen und Löschanlagen.

- **Zusätzliche technische Maßnahmen (4.7.7)***

- Gesteuertes Herunterfahren der galvanischen Prozesse und Abtrennung nicht erforderlicher Prozessmedien,
- Abtrennung nicht erforderlicher Energien (z. B. elektr. Strom),
- Abschottung des durch die Feuerlöschanlage beaufschlagten Bereichs.

**aus der DIN EN 17059*

ID 051035