

Arbeitsschutz beim Strahlen mit CO₂ als Strahlmittel

Robert Veit

Institut für
Werkzeugmaschinen
und Fabrikbetrieb

Technische Universität
Berlin

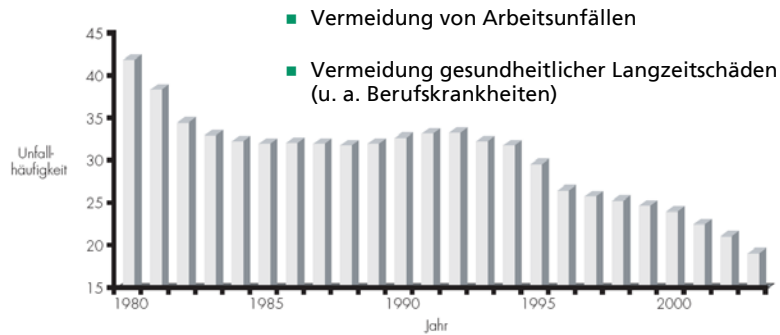
Das Produktionstechnische Zentrum Berlin (PTZ)



Arbeitsschutz beim Strahlen mit CO₂ als Strahlmittel

- Motivation
- Ausgangssituation
- Gefährdungspotenzial
 - Ausrüstung und Geräte
 - Strahlmittel
 - Strahlprozess

Motivation

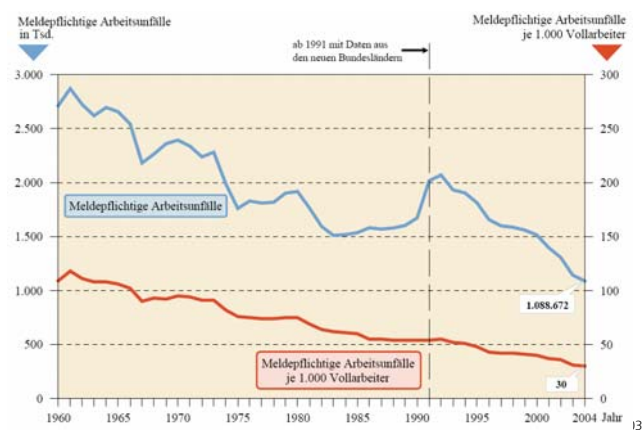


Meldepflichtige Arbeitsunfälle je 1. Mio. geleisteter Arbeitsstunden

(ab 1991 einschließlich der neuen Bundesländer)

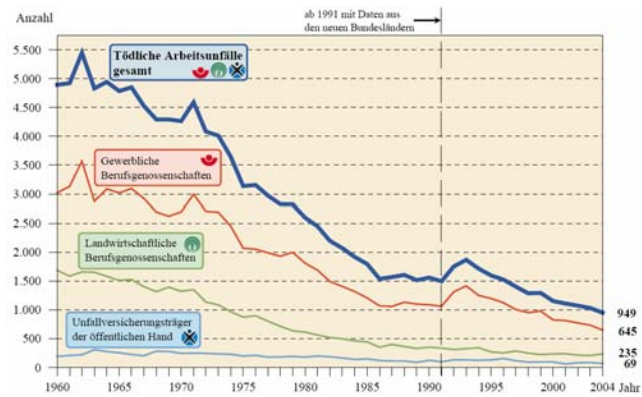
Quelle: HVBG Arbeitsunfallstatistik 2003

Meldepflichtige Arbeitsunfälle



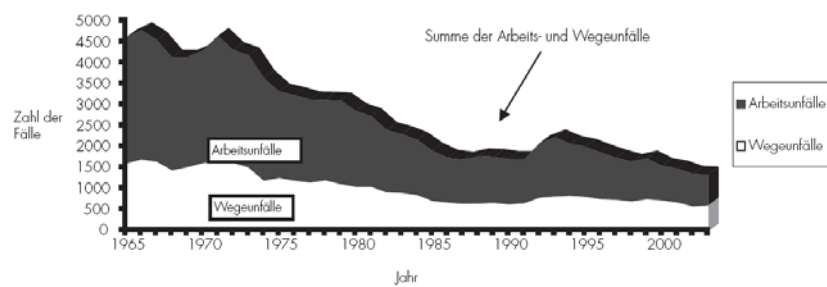
Quelle: Europäische Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz

Tödliche Unfälle*)



Quelle: Europäische Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz

Tödliche Unfälle*)



*) Ab 1991 einschließlich der neuen Bundesländer; 1991 relativ niedrige Zahl wegen Verzögerung der versicherungsrechtlichen Feststellung in den neuen Bundesländern

Quelle: HVBG Arbeitsunfallstatistik 2003

Meldepflichtige Arbeitsunfälle nach Wochentagen

Wochentag des Unfalls	Meldepflichtige Arbeitsunfälle					
	2001		2002		2003	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
Montag	213 357	20,8	200 904	21,4	179 768	21,4
Dienstag	196 138	19,1	178 443	19,0	163 224	19,4
Mittwoch	190 042	18,5	174 755	18,6	153 884	18,3
Donnerstag	186 104	18,2	168 988	18,0	147 087	17,5
Freitag	160 331	15,6	142 107	15,1	127 512	15,2
Samstag	52 972	5,2	48 880	5,2	44 449	5,3
Sonntag	25 975	2,5	25 227	2,7	23 667	2,8
Keine Angabe	312	0,0	184	0,0	72	0,0
Insgesamt	1 025 232	100,0	939 487	100,0	839 663	100,0

Quelle: HVBG Arbeitsunfallstatistik 2003

Gefährdungen durch Ausrüstung und Geräte

Drucklufterzeugung, Aufbereitung, Verteilung

- Bersten von Druckbehälter, Schläuchen und Leitungen
- schlagartig wegfliegende Teile
- Unsachgemäße Aufstellung bei fahrbaren Kompressoren
- Stürze durch Stolpern über Schläuche (bis zu 2100 Unfälle pro Jahr)



Strahlanlage

- mangelnde Erdung → unkontrollierte Bewegungen
- Umgehung von Sicherheitseinrichtungen

Quelle: IceTech

Gefährdungen durch das Strahlmittel



Trockeneispellets, Trockeneisblock
Quelle: Linde

- Hautkontakt mit Trockeneis kann zu Kälteverbrennungen führen
- Erhöhte CO₂-Konzentration verursacht beschleunigtes Atmen und Kopfschmerz
- Hohe CO₂-Konzentration wirkt erstickend
- CO₂-Gas ist schwerer als Luft und sammelt sich in Bodennähe (Kohlendioxidsee)
- CO₂- ist geruchlos

Unfälle durch gefährliche Stoffe

Gefährliche Stoffe	Meldepflichtige Unfälle	Neue Unfallrenten	Tödliche Unfälle
Brennstoffe, brennbare Flüssigkeiten, Schmierstoffe, Hydraulikflüssigkeiten, Schwebstoffe, Staub, Abgase	3 008	17	7
Anorganisch-chemische Stoffe	1 691	14	–
Oberflächenbehandlungs-, Anstrich-, Klebe-, Dichtungs-, Reinigungs-, Imprägnier-, Schmelzmittel	3 224	15	1
Organisch-chemische Stoffe	431	8	3
Technische Gase, Flüssiggase	569	15	2
Konservierungs-, Arznei-, Düng- und Pflanzenschutzmittel, Desinfektionsmittel	146	3	–
Explosivstoffe und Gegenstände mit Explosivstoff	20	5	–
Kunststoffe, auch Kunstharze	212	4	–
Trockeneis, Luftmangel, flüssige Luft	43	–	–
Natürlich vorkommende Gase, Erdgas	21	4	1
Insgesamt	9 365	85	14

Quelle: HVBG
Arbeitsunfallstatistik 2003

CO₂-Konzentration am Arbeitsplatz

Arbeitsplatzgrenzwert in der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV):

- zeitlich gewichtete durchschnittliche Konzentration eines Stoffes bezogen auf einen Referenzzeitraum

Ziel: Ausschluss von akuten oder chronischen Auswirkungen auf die Gesundheit

Maximale Arbeitsplatzkonzentration (MAK) für CO₂:

5.000 ml/m³ (ppm) bzw. 9.100 mg/m³

- Die mittlere Konzentration soll in einem 15-Minuten-Zeitraum die vierfache Grenzwertkonzentration nicht überschreiten.
- Die Dauer der erhöhten Exposition darf in einer Schicht insgesamt nicht eine Stunde übersteigen.

Maßnahmen zur Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe nach VDI 2262 Blatt 1

Primärmaßnahmen / Verfahrenstechnische Maßnahmen

- Stoffauswahl, Stoffsubstitution
- Anlagentechnik, Betriebstechnik, Fertigungstechnik

Sekundärmaßnahmen / lufttechnische Maßnahmen

- Erfassungstechnik
- Raumlufttechnik

Ergänzende Maßnahmen / persönliche Maßnahmen

- Sauberkeit, Hygiene, Hautschutz
- persönliche Schutzausrüstung

Lufttechnische Maßnahmen

■ Verdünnungslüftung

Beispiel: $\rho_{CO_2, \text{gas}} = 1,85 \text{ kg} / \text{m}^3 (15^\circ\text{C}, 1 \text{ bar})$

$$\dot{m}_{CO_2} = 100 \text{ kg} / \text{h}$$

$$\Rightarrow \dot{V}_{CO_2} = 54,05 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$\dot{V}_{Luft} = 10 \text{ m}^3 / \text{min} = 600 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$\Rightarrow CO_2\text{-Konzentration} = \frac{\dot{V}_{CO_2}}{\dot{V}_{Luft} + \dot{V}_{CO_2}} = 0,082639 \text{ m}^3 / \text{m}^3 = 82639 \text{ ml} / \text{m}^3 (\text{ppm})$$

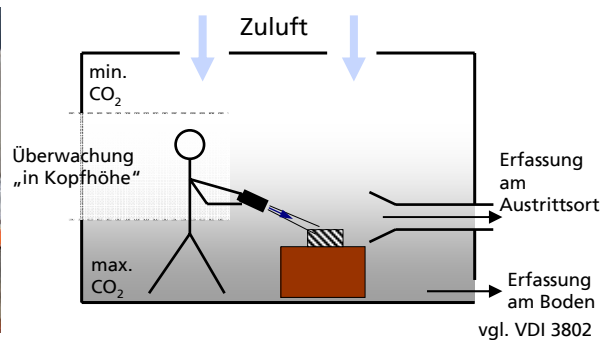
$$AGW = \frac{\dot{V}_{CO_2}}{\dot{V}_{Luft} + \dot{V}_{CO_2} + \dot{V}_{Zul.}} = 0,005$$

$$\Rightarrow \dot{V}_{Zul.} = \frac{\dot{V}_{CO_2}}{0,005} - \dot{V}_{Luft} - \dot{V}_{CO_2} = \frac{54,05 \text{ m}^3 / \text{h}}{0,005} - 600 \text{ m}^3 / \text{h} - 54,05 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$\dot{V}_{Zul.} = 10156 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Lufttechnische Maßnahmen

■ Erfassung am Entstehungs- oder Austrittsort unter Berücksichtigung von Stofffreisetzung und Stoffausbreitung



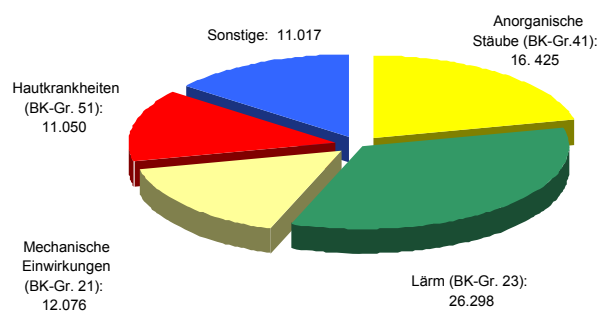
Gefährdungen durch den Strahlprozess



- CO₂ Konzentration
- Einwirkung des Druckstrahls
- Lose Bauteile
- Staubbelastung
- Lärm

Berufsunfähigkeitsrenten nach Ursache

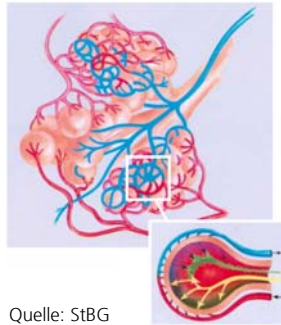
Gesamtbestand: 76 866 Renten



Quelle: BGIA

Renten nach BKV-Liste ohne diejenigen nach DDR-BKVO.
Renten nur an Erkrankte, nicht die an Hinterbliebene.

Staubbelastung

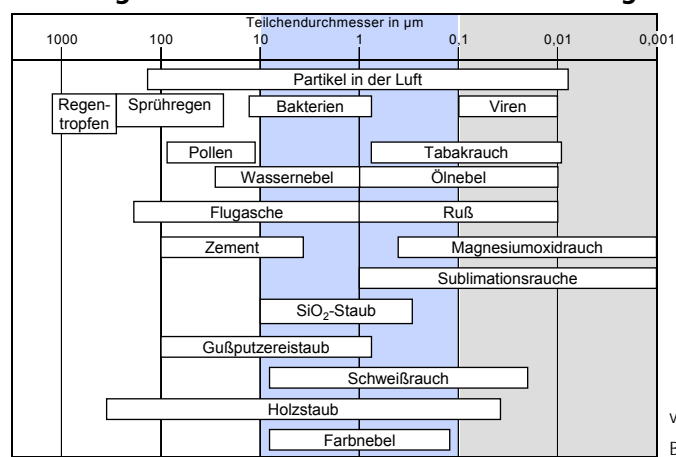


Quelle: StBG

- Beim Trockeneistrahlen oft unbekannt:
 - Zusammensetzung des Staubs
 - Höhe der Staubkonzentration
- Unterscheidung zwischen einatembaren Staubfraktion (Arbeitsplatzgrenzwert 10 mg/m^3)* und alveolengängiger Staubfraktion (Arbeitsplatzgrenzwert 3 mg/m^3)*

* bezogen auf eine Schicht von 8 Stunden

Teilchengrößen verschiedener fester und flüssiger Stoffe



vgl. VDI 2262
Blatt 1

Atemschutz - Partikelfiltrierende Halbmasken



Filterklasse	Zulässige Gesamtleckage in %	Maximale Staubbelastung in mg/m ³	
		einatembar	alveolengänig
P1	22	40	12
P2	8	100	30
P3	2	300	90

vgl. EN 149

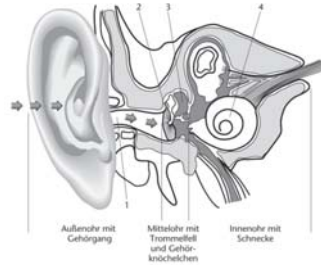
Probleme im Umgang mit partikelfiltrierenden Halbmasken



Quelle: Dräger

- Ungenaue Passform führt zu Aufhebung der Filterfunktion
- Bakteriologische Belastung bei unterlassenem Filterwechsel
- Mangelnde Akzeptanz durch Erschwerung der Atmung → Eignung des Mitarbeiters muss arbeitsmedizinisch nachgewiesen werden

Lärmbelastung



- 3-5 Mio. Beschäftigte in Deutschland sind an ihrem Arbeitsplatz gesundheits-gefährdenden Lärmbelastungen ausgesetzt.
- mehr als 6000 anerkannte Lärmschwerhörigkeitsfälle im Jahr
- ca. 600 neue BK-Rentenfälle „Lärm“ im Jahr
- ca. 170 Mio. € jährliche Rentenzahlungen der Berufsgenossenschaften

Quelle: Bundesamt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

Quelle: BGIA

Lärmbelastung

Gehörschäden sind nicht zu erwarten, wenn

- der personenbezogene Beurteilungspegel* 85 dB(A) unterschreitet,
- der ortbezogene Beurteilungspegel 105 dB(A) unterschreitet,
- der Höchstwert des nicht-bewerteten Schalldruckpegels zu keinem Zeitpunkt 140 dB erreicht.

* Der personenbezogene Beurteilungspegel berücksichtigt die Einwirkdauer der Lärmbelastung. Bei temporär höherem Schalldruckpegel wird der maximal zulässige Wert entsprechend früher erreicht.

Schalldruckpegel dB(A)	Einwirkdauer	personenbezogener Beurteilungspegel
<85	8 h	85 dB(A)
88	4 h	
91	2 h	
94	1 h	
97	30 min	
100	15 min	
105	4,8 min	

Erforderliche Maßnahmen nach der Europäischen Richtlinie 2003/10/EG „Lärm“

Informations- und Unterweisungspflicht	ab 80 dB(A)	Artikel 8
Gehörschutz zur Verfügung stellen	ab 80 dB(A)	Artikel 6 (1a)
Anspruch auf vorbeugende audiometrische Untersuchung, wenn Bewertung und Messung auf Gesundheitsrisiko hindeuten	ab 80 dB(A)	Artikel 10 (2)
Anspruch auf Untersuchung, Gehör durch Arzt, bzw. Verantwortung des Arztes	ab 85 dB(A)	Artikel 10 (2)
Gehörschutz-Tragepflicht	ab 85 dB(A)	Artikel 6 (1 b)
Lärminderungsprogramm	ab 85 dB(A)	Artikel 5 (1,2)
Lärmbereichskennzeichnung	ab 85 dB(A)	Artikel 5 (3)
Abgrenzung, bzw. Zugangseinschränkung, sofern technisch möglich und durch Expositionsrisiko gerechtfertigt	ab 85 dB(A)	
Gesundheitsakte, falls Gefährdung gem. Art. 4(1) – Bewertung und Messung	ab 85 dB(A)	Artikel 10 (3)

Persönlicher Schallschutz



- Stöpsel, Kapseln, Helme, Anzüge
- Schalldämmende Wirkung ist frequenzabhängig

Gehörschutz	Typische Werte der Schalldämmung dB						
	125	250	500	1000	2000	3000	4000 Hz
Stöpsel	17	18	19	21	29	31	33
Kapseln	10	15	23	33	36	37	38

Quelle: Maute

- Dämmwerte werden für hohe, mittlere und tiefe Frequenzen angegeben (HML-Werte)