

## Gefahrstoffe

# Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganische Fluoride



M 005  
DGUV Information 213-071  
Stand: Dezember 2018 (Überarbeitung der Ausgabe 3/2012)

## Inhaltsverzeichnis dieses Ausdrucks

Titel	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Physikalische und chemische Eigenschaften	5
2.1 Fluorwasserstoff	5
2.2 Flusssäure	5
2.3 Anorganische Fluoride	6
2.4 Nachweis	6
3 Kenndaten und Kennzeichnung	6
3.1 Fluorwasserstoff, wasserfrei (engl.: hydrogen fluoride)	7
3.2 Flusssäure (engl.: hydrofluoric acid)	8
3.3 Ausgewählte anorganische Fluoride	9
3.4 Kennzeichnung	10
4 Verwendung	10
4.1 Fluorwasserstoff	11
4.2 Flusssäure	11
4.3 Anorganische Fluoride	11
5 Gesundheitsgefahren	12
5.1 Allgemeines	12
5.2 Aufnahme und Wirkungsweise	12
5.3 Wirkungen auf Haut und Schleimhäute	12
5.4 Wirkungen bei Einatmung	12
5.5 Wirkungen nach Verschlucken	13
5.6 Berufskrankheiten	13
6 Gefährdungsbeurteilung	13
6.1 Allgemeine Anforderungen	13
6.2 Informationsermittlung	15
6.2.1 Erfassung der verwendeten Stoffe und Gemische – Gefahrstoffverzeichnis	15
6.2.2 Inhalative Gefährdungen	15
6.2.3 Dermale Gefährdungen	16
6.3 Festlegung notwendiger Schutzmaßnahmen nach Gefahrstoffverordnung	16
6.4 Dokumentation und Wirksamkeitskontrolle	17
7 Expositionsermittlung	17
7.1 Arbeitsbereichsüberwachung	17
7.2 Arbeitsplatzmessungen	18
8 Substitution	18
9 Technische Schutzmaßnahmen	19
9.1 Anlagen, Verfahren	19
9.2 Werkstoffe	20
9.3 Laboratorien	21
9.4 Arbeits- und Lagerräume	21
9.4.1 Aufbewahren, Lagern	21
9.4.2 Genehmigungsbedürftige Lager	22
9.5 Transport	23
9.6 Umfüllen	23
9.7 Entsorgen von Abfällen und Rückständen	24
10 Organisatorische Schutzmaßnahmen	24
10.1 Betriebsanweisung	24
10.2 Unterweisung	24
10.3 Zugangsbeschränkungen	25
10.4 Beschäftigungsbeschränkungen und -verbote	25
10.5 Instandhaltung	26
10.6 Arbeiten in Behältern, Silos und engen Räumen	26
10.7 Hygiene	27
10.8 Arbeitsmedizinische Vorsorge	27
10.8.1 Arten der arbeitsmedizinischen Vorsorge	27

10.8.1.1 Pflichtvorsorge	28
10.8.1.2 Angebotsvorsorge	28
10.8.1.3 Wunschvorsorge	28
10.8.2 Vorsorgeanlässe	28
10.8.2.1 Tätigkeiten mit Fluorwasserstoff, Flusssäure oder anorganischen Fluoriden	28
10.8.2.2 Tragen von Atemschutzgeräten	29
10.8.2.3 Tragen flüssigkeitsdichter Handschuhe	29
10.8.3 Aufklärungspflicht des Arztes bzw. der Ärztin	29
10.8.4 Dokumentation	29
10.9 Flusssäurepass und Unfälleleitblatt	29
11 Personenbezogene Schutzmaßnahmen	30
11.1 Atemschutz	31
11.2 Augenschutz	32
11.3 Körperschutz	32
11.4 Hand- und Hautschutz	34
12 Notfallprävention	35
12.1 Planung von Notfallmaßnahmen	35
12.1.1 Vorgaben der Störfallverordnung	36
12.2 Maßnahmen für den Notfall	37
12.2.1 Erste-Hilfe-Einrichtungen	37
12.2.2 Löscheinrichtungen	37
12.2.3 Vorbereiten von Maßnahmen zum Eindämmen von Schäden	37
12.2.4 Wasservorhänge	37
12.2.5 Fluchtwege	38
12.2.6 Flucht- und Rettungsplan	38
12.2.7 (Früh-)Warnsystem und Alarmierung	38
12.2.8 Ausrüstung für Notfälle	39
12.2.9 Notduschen	39
12.2.10 Verhalten bei Betriebsstörungen, Unfällen und Notfällen	39
13 Erste Hilfe	40
13.1 Allgemeine Maßnahmen	41
13.2 Augen	41
13.3 Atmungsorgane	41
13.4 Haut	42
13.5 Verschlucken	42
14 Hinweise für die ärztliche Behandlung	43
Anhang 1 - Unfälleleitblatt	45
Anhang 2 - Beispiele für Etiketten	46
Anhang 3 - Flusssäurepass	47
1. Verhalten bei Exposition	48
1.1 Allgemeine Maßnahmen	48
1.2 Augen	48
1.3 Atmungsorgane	49
1.4 Haut	49
1.5 Verschlucken	50
2 Hinweise für die ärztliche Behandlung	50
Literaturverzeichnis	51
Bildnachweis	59
Sonstiges	59

Die vorliegende Schrift konzentriert sich auf wesentliche Punkte einzelner Vorschriften und Regeln. Sie nennt deswegen nicht alle im Einzelfall erforderlichen Maßnahmen. Seit Erscheinen der Schrift können sich darüber hinaus der Stand der Technik und die Rechtsgrundlagen geändert haben.

Diese Schrift wurde sorgfältig erstellt. Dies befreit nicht von der Pflicht und Verantwortung, die Angaben auf Vollständigkeit, Aktualität und Richtigkeit selbst zu überprüfen.

Das Arbeitsschutzgesetz spricht vom Arbeitgeber, das Sozialgesetzbuch VII und die Unfallverhütungsvorschriften der Unfallversicherungsträger vom Unternehmer. Beide Begriffe sind nicht völlig identisch, weil Unternehmer/innen nicht notwendigerweise Beschäftigte haben. Im Zusammenhang mit der vorliegenden Thematik ergeben sich daraus keine relevanten Unterschiede, sodass „die Unternehmerin/der Unternehmer“ verwendet wird.

## VISION ZERO.

NULL UNFÄLLE – GESUND ARBEITEN!



Die **VISION ZERO** ist die Vision einer Welt ohne Arbeitsunfälle und arbeitsbedingte Erkrankungen. Höchste Priorität hat dabei die Vermeidung tödlicher und schwerer Arbeitsunfälle sowie Berufskrankheiten. Eine umfassende Präventionskultur hat die VISION ZERO zum Ziel.

Nähere Informationen zur VISION ZERO-Präventionsstrategie finden Sie unter [www.bgrci.de/praevention/vision-zero](http://www.bgrci.de/praevention/vision-zero).

In diesem Merkblatt besonders angesprochener Erfolgsfaktor:

„**Gefahr erkannt – Gefahr gebannt**“

## 1 Anwendungsbereich

In erster Linie soll diese Schrift die Unternehmerin bzw. dem Unternehmer bei der

- Ermittlung und Beurteilung der Gefahren,
- Festlegung der zum Schutz der Menschen erforderlichen Maßnahmen und Verhaltensregeln,
- Festlegung des Verhaltens im Gefahrenfall,
- Festlegung der Erste-Hilfe-Maßnahmen,
- Festlegung der sachgerechten Entsorgung,
- Ausarbeitung der Betriebsanweisung und
- Durchführung der mündlichen Unterweisungen

unterstützen, wenn mit Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganischen Fluoriden oder deren Gemischen umgegangen wird oder wenn diese Stoffe z. B. bei chemischen Umsetzungen oder bei Be- und Verarbeitungsprozessen entstehen können. Das trifft auch für Tätigkeiten im Gefahrenbereich von Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganischen Fluoriden zu.

Als Ergänzung der Betriebsanweisung kann diese Schrift den Beschäftigten zur Information über Gefährdungsmöglichkeiten und Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganischen Fluoriden oder deren Gemische dienen.

## 2 Physikalische und chemische Eigenschaften (107) (115)

### 2.1 Fluorwasserstoff

Fluorwasserstoff (HF) liegt bei Zimmertemperatur als farbloses, stechend riechendes Gas vor, das leichter als Luft ist. In der wasserfreien Form liegt es unterhalb des Siedepunktes von 19,5 °C als rauchende Flüssigkeit vor. Fluorwasserstoff ist eine starke Säure, sehr hygroskopisch und dehydratisiert viele Stoffe. Er ist in jedem Verhältnis mit Wasser (heftige Reaktion!) und mit vielen organischen Flüssigkeiten mischbar.

Fluorwasserstoff ist ein gutes Lösemittel für viele Substanzen. Mit zahlreichen anorganischen Verbindungen bildet er Komplexe.

### 2.2 Flusssäure

Wässrige Lösungen von Fluorwasserstoff werden als Flusssäure oder Fluorwasserstoffsäure bezeichnet. Im Handel werden diese Lösungen häufig mit einer Konzentration von 48 % Fluorwasserstoff angeboten. Eine weitere Aufkonzentrierung ist möglich. Ab einer Konzentration von 70 % raucht Flusssäure an der Luft. Flusssäure reagiert sauer und kann zahlreiche Metalle unter Wasserstoffentwicklung und Bildung von Fluoriden lösen. Charakteristisch ist die Ätzwirkung von Glas. Daher kann Flusssäure ebenso wie Fluorwasserstoff nicht in

Glasgefäßen aufbewahrt werden (siehe Abschnitt 9.2). Kenndaten von Flusssäuren unterschiedlicher Konzentrationen sind in Abschnitt 3.2 zusammengestellt.

## 2.3 Anorganische Fluoride

Anorganische Fluoride sind die Salze des Fluorwasserstoffes. Diese sind in der Regel farblose oder weiße kristalline Verbindungen. Beispiele sind Alkalifluoride (KF, NaF), Flussspat ( $\text{CaF}_2$ ), Aluminiumfluorid ( $\text{AlF}_3$ ) bzw. die komplexen Fluoride Kryolith ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ), Kaliumtetrafluoroborat ( $\text{KBF}_4$ ) oder Natriumhexafluorosilikat ( $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ ). Alkalifluoride reagieren beim Lösen in Wasser schwach alkalisch.

Anorganische Fluoride können auch in Verbindung mit einem oder mehreren Molekülen Fluorwasserstoff vorliegen, z. B. Ammonium- oder Kaliumhydrogendifluorid ( $\text{KF} \cdot \text{HF}$ ,  $\text{NH}_4\text{F} \cdot \text{HF}$ ). Diese Verbindungen werden Hydrogenfluoride genannt (früher: saure Fluoride) und reagieren in Wasser sauer.

Beim Erhitzen von Fluoriden oder bei der Einwirkung konzentrierter Säuren auf Fluoride wird Fluorwasserstoff abgespalten.

In Abhängigkeit von ihrer Ätzwirkung greifen Fluoride Metalle und Gläser an.

Eine Sonderstellung nimmt das gasförmige Schwefelhexafluorid ( $\text{SF}_6$ ) ein. Es ist nahezu inert und praktisch ungiftig. Von daher wird es in dieser Schrift nicht weiter betrachtet.

## 2.4 Nachweis

Der qualitative Nachweis von Fluorwasserstoff und löslichen Fluoriden beruht auf der Entfärbung des rotvioletten Zirkon-Alizarin-Komplexes. Geeignetes Reagenzpapier wird hierzu mit verdünnter Salzsäure benetzt und der Probeluft ausgesetzt. Bei Anwesenheit von Fluorid schlägt die rotviolette Farbe rasch nach Gelb um.

Mit Elektroden ist ein qualitativer Schnelltest bei Flüssigkeiten möglich.

Herstellung von Reagenzpapier zum Nachweis von Fluorwasserstoff und löslichen Fluoriden in der Luft (nach I. M. Korenman, Z. anorg. allg. Chemie, 1933, Bd. 216, S. 33): Eine Lösung von  $0,25 + \text{gZr}(\text{NO}_3)_4$  in 60 ml Wasser wird mit einer Lösung von 0,15 g Natriumalizarinsulfonat in 40 ml Ethanol vermischt. Mit der so erhaltenen rotvioletten Lösung wird aschefreies Filterpapier getränkt und anschließend an fluoridfreier Luft getrocknet. Das Testpapier wird in einem verschlossenen Gefäß aufbewahrt.

Halbquantitativ kann Fluorwasserstoff in der Luft mit Prüfröhrchen nachgewiesen werden.



Die quantitative Bestimmung erfolgt potentiometrisch mit Hilfe einer für Fluoridionen selektiven Elektrode (DIN 38405-4) nach Absorption der Fluoride aus einem geeigneten Luftvolumen in Wasser oder alkalischer Absorptionslösung (VDI 2452 Blatt 1). Die Abtrennung von Fluorid aus der Absorptionslösung mittels Wasserdampfdestillation kann vor der Messung erforderlich sein (DIN 38405-4). (99) (102)

Für kontinuierliche Messungen von gasförmigem Fluorwasserstoff, wie bei der Abgasüberwachung, bieten sich laserspektroskopische Methoden an. Diese können, je nach Geräteausführung, auch zur Leckageortung verwendet werden.

## 3 Kenndaten und Kennzeichnung



---

### 3.1 Fluorwasserstoff, wasserfrei (engl.: hydrogen fluoride)

	Chemische Formel	HF
(1) (115)	CAS-Nummer EG-Nummer INDEX-Nummer	7664-39-3 231-634-8 009-002-00-6
(103) (104) (115)	UN-Nummer	UN 1052
(115)	Molare Masse (Molekulargewicht)	20,00 g/mol
(115)	Schmelzpunkt Siedepunkt bei 1 013 mbar Dampfdruck bei 20 °C Relative Gasdichte (bezogen auf trockene Luft ) Dichte (gasförmig) bei 0 °C Dichte (flüssig) am Siedepunkt Kritische Temperatur Kritischer Druck Kritische Dichte	-83,37 °C 19,5 °C 1,031 bar 0,71 0,921 g/l 0,968 g/ml 188 °C 64,85 bar 0,29 g/cm <sup>3</sup>
(26)	AGW Überschreitungsfaktor Hautresorption	1 ml/m <sup>3</sup> (ppm) = 0,83 mg/m <sup>3</sup> 2(l) Ja
(27)	BGW Fluorwasserstoff und Anorganische Fluorverbindungen (Fluoride)	Parameter: Fluorid BGW (Urin): 7 mg/g Kreatinin Probenahme: bei Expositionsende bzw. Schichtende
		Parameter: Fluorid BGW (Urin): 4 mg/g Kreatinin Probenahme: vor nachfolgender Schicht
(38) (117)	Wassergefährdungsklasse	2
(1)	<b>Kennzeichnung nach GHS</b>  Piktogramme Signalwort H-Sätze	  GHS05      GHS06  Gefahr H300 + H310 + H330, H314, EUH071

<b>Kennzeichnung nach Transportrecht</b>		
Klasse Verpackungsgruppe Gefahrzettel	8 (Ätzende Stoffe) I (hohe Gefährlichkeit) 8 und 6.1	(103) (104) (115)











### 3.2 Flusssäure (engl.: hydrofluoric acid)

Konzentration (Gew.-%)	40	70	
Schmelzpunkt <sup>*)</sup> (°C)	-40	ca. -90	
Siedepunkt bei 1013 mbar <sup>*)</sup> (°C)	110	ca. 60	
Dampfdruck bei 20 °C <sup>*)</sup> (mbar)	21	ca. 180	
Dichte (flüssig) <sup>*)</sup> (g/ml)	1,14 (20 °C)	ca. 1,23 (25 °C)	
CAS-Nummer Index-Nummer	7664-39-3 009-003-00-1		(1) (115)
UN-Nummer	UN 1790	UN 1790	(103) (104) (115)
Verpackungsgruppe	VG II	VG I	
AGW BGW Überschreitungsfaktor	wie Abschnitt 3.1		
Kennzeichnung nach GHS			(1)
ab 7 %	siehe Abschnitt 3.1		
ab 1 % bis unter 7 %	  GHS05      GHS06		
ab 0,1 % bis unter 1 %	Gefahr H301 + H331, H310, H314, EUH071 GHS06 Gefahr H302 + H332, H311, H319, EUH071		

\*) Angaben von Herstellern



### 3.3 Ausgewählte anorganische Fluoride (115)

		NaF	AlF <sub>3</sub>	Na <sub>3</sub> AlF <sub>6</sub>	NH <sub>4</sub> F·HF	KBF <sub>4</sub>	Ma <sub>2</sub> SiF <sub>6</sub>	MgF <sub>2</sub>
	Molekulargewicht	41,99	83,98	209,94	57,04	125,91	188,06	62,31
	Schmelzpunkt (°C)	993	**)	1000	124,6	530***)	> 800***)	1261
	Siedepunkt (°C)	1704	**)	–	> 230***)	–	–	2260 <sup>1)</sup>
	Dichte (g/ml)	2,78	2,88–3,1	2,95	1,5	2,5	2,68	3,15
	Schüttgewicht (g/ml) <sup>1)</sup>	ca. 0,8	ca. 1,2	0,5–1,6	0,75	1,1	1,0–1,3	0,5–0,7
	Löslichkeit in Wasser bei 20 °C [g/l]	42,2	5,59	0,41	630	4,4	7,62	0,076
(26) (115)	AGW	1 mg/m <sup>3</sup> E (einatembare Fraktion), als Fluor berechnet						
	Überschreitungsfaktor	4 (II)						
	Hautresorption	Ja						
(115)	Piktogramme, Signalwort und H-Sätze	 GHS06 Gefahr H301, H315, H319, EUH032	 GHS07 <sup>1)</sup> Achtung H302, H315, H319, H335	 GHS07  GHS08  GHS09 Gefahr H302, H332, H372 H411	 GHS05  GHS06 Gefahr H301, H314,	 GHS02 H315, H319, H335	 GHS06 Gefahr H301+ H311+ H331	 GHS07 <sup>1)</sup> Achtung H315, H319, H335
(38) (117)	WGK	1	1	3	1	1	2	1

\*\*)

\*\*\*)

\*)

## 3.4 Kennzeichnung

Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganische Fluoride sowie deren Gemische sind so zu verpacken und zu kennzeichnen, dass bei bestimmungsgemäßer Verwendung Gefahren für Menschen und Umwelt vermieden werden. (11)

Werden Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganische Fluoride sowie deren Gemische in den Verkehr gebracht oder verwendet, so ist die Verpackung entsprechend der CLP-Verordnung (Verordnung (EG) Nr. 1272/2008) zu kennzeichnen. Diese Kennzeichnung umfasst die GHS-Piktogramme, ein Signalwort und die Gefahrenhinweise (H-Sätze) – siehe dazu auch die vorherigen Abschnitte. Ein Beispiel für ein Etikett gibt Anhang 2. (1) (11) (64)

Um- und abgefüllte Behälter, Rohrleitungen und Apparaturen müssen so gekennzeichnet sein, dass mindestens die enthaltenen Gefahrstoffe sowie die davon ausgehenden Gefahren eindeutig identifizierbar sind (Name des Stoffes und GHS-Piktogramme). (7) (12) (101)

Weitere Hinweise enthalten die Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) 201 „Einstufung und Kennzeichnung bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“ und die DGUV Information 213-082 „Gefahrstoffe mit GHS-Kennzeichnung – Was ist zu tun?“ (Merkblatt M 060 der BG RCI). (13) (64)

Die Kennzeichnung beim Transport von Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganischen Fluoriden (Gefahrguttransport) ist in internationalen Regelwerken (ADR, RID) bestimmt (siehe Abschnitt 3.1). Für Informationsquellen siehe Abschnitt 9.5. (103) (104) (49)

## 4 Verwendung

### 4.1 Fluorwasserstoff

Reiner Fluorwasserstoff ist ein gängiges Fluorierungsmittel um organische und anorganische Fluorverbindungen herzustellen. Weitverbreitete organische Fluorverbindungen sind Fluorkunststoffe (z. B. Polytetrafluorethylen, Teflon), Perfluoride Tenside, fluorhaltige pharmazeutische Wirkstoffe oder Fluorkohlenwasserstoffe (FKW, FCKW).

Daneben wird Fluorwasserstoff zur Herstellung von elementarem Fluor (zusammen mit  $\text{KF} \cdot \text{HF}$ ) und als Alkylierungs- und Isomerisierungskatalysator eingesetzt, z. B. bei der Herstellung hochklopfester Motorentreibstoffe und Waschmittelrohstoffe.

### 4.2 Flusssäure

Konzentrierte Flusssäure wird bei der Oberflächenbehandlung von Siliciumwafern, Gläsern und Metallen eingesetzt. Ein weiterer wesentlicher Einsatzbereich ist die Herstellung anorganischer Fluoride.

Verdünnte Flusssäure ist Bestandteil verschiedener Reinigungsmittel für Industrie und Handwerk und wird als Hilfsstoff in der Elektronik- und Halbleiterindustrie eingesetzt. In der Implantologie wird 5%ige Flusssäure zum Anätzen der Zahnkeramik verwendet.

### 4.3 Anorganische Fluoride

Für die anorganischen Fluoride gibt es zahlreiche industrielle Verwendungsmöglichkeiten, z. B.

- bei der Herstellung von Aluminium:  $\text{AlF}_3$ ,  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ,
- als Flussmittel bei der Metallherstellung:  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{MgF}_2$ ,  $\text{NaF}$ ,  $\text{KF}$ ,  $\text{AlF}_3$ ,
- beim Schmelzen von Nichtmetallen:  $\text{KBF}_4$ ,
- beim Raffinieren von Aluminium:  $\text{KBF}_4$ ,
- als Flussmittel beim Schweißen und Löten:  $\text{AlF}_3$ ,
- bei der Herstellung von Schweißelektroden:  $\text{MgF}_2$ ,
- zum chemischen Glänzen von Aluminium:  $\text{KF} \cdot \text{HF}$ ,  $\text{NH}_4\text{F} \cdot \text{HF}$ ,
- zum Glasätzen:  $\text{KF} \cdot \text{HF}$ ,  $\text{NH}_4\text{F} \cdot \text{HF}$ ,
- als Trübungsmittel für Email:  $\text{MgF}_2$ ,  $\text{AlF}_3$ ,
- als Füllstoff für Fluorpolymere:  $\text{MgF}_2$ ,
- als Konservierungsmittel:  $\text{KF}$ ,  $\text{NaF}$ ,  $\text{KF} \cdot \text{HF}$ ,  $\text{NH}_4\text{F} \cdot \text{HF}$ ,
- als Holzschutzmittel:  $\text{MgSiF}_6$ ,
- in der Mundhygiene:  $\text{NaF}$ ,  $\text{NH}_4\text{F}$ ,
- in der Fluorierung von Trinkwasser oder Speisesalz:  $\text{NaF}$ ,  $\text{KF}$ ,
- als Elektrolyte in Lithium-Akkumulatoren:  $\text{LiPF}_6$ ,  $\text{LiBF}_4$ .

## 5 Gesundheitsgefahren

### 5.1 Allgemeines

Fluorwasserstoff, Flusssäure und saure Fluoride wirken lokal ätzend. Sie durchdringen rasch die Haut, zerstören tiefere Gewebeschichten und können auch resorptiv durch chemische Bindung an Calcium- und Magnesiumionen und Hemmung lebenswichtiger Enzyme zu akut bedrohlichen Stoffwechselstörungen oder Störungen der Leber-, Nieren-, Herz- und Lungenfunktion führen.

Die chronische Aufnahme stark überhöhter Fluormengen kann Schäden im Sinne einer Fluorose verursachen. Hierbei kommt es zu Knochenverdichtungen (Osteosklerose) vor allem im Bereich von Becken, Wirbelsäule und Rippen mit Schmerzen im unteren Wirbelsäulen- bzw. Kreuzbeinbereich.

### 5.2 Aufnahme und Wirkungsweise

Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganische Fluoride werden vor allem über die Haut, aber auch über den Atemtrakt in den Körper aufgenommen. Auch eine Aufnahme über den Magen-Darm-Trakt ist möglich.

### 5.3 Wirkungen auf Haut und Schleimhäute

Die eingangs genannten Stoffe gefährden insbesondere Augen und Schleimhäute.

Die Einwirkung dieser Stoffe in geringen Konzentrationen (bereits bei Flusssäurekonzentrationen unter 5 %) verursacht deutliche Rötung und Brennschmerz der Haut. Nicht selten stellen sich Schmerzen erst Stunden nach der Einwirkung ein, ohne dass zunächst auffällige Veränderungen der Hautoberfläche wahrnehmbar sind.

Bei Einwirkung höherer Konzentrationen kommt es zu tiefgreifenden Verätzungen mit starker Gewebszerstörung.

Bei Einwirkungen über die Haut muss immer auch mit resorptiver Giftwirkung gerechnet werden. Dies gilt insbesondere bei verzögerter Behandlung von Verätzungen.

Massive Einwirkung auf die Haut oder verzögerte sachgerechte Therapie kann infolge resorptiver Giftwirkung zum Tode führen.

### 5.4 Wirkungen bei Einatmung

Gasförmiger Fluorwasserstoff, Flusssäureaerosole und Stäube von Hydrogenfluoriden wirken ätzend auf die Schleimhäute des Atemtraktes. In leichteren Fällen kommt es zu vermehrter Sekretion, Hustenreiz und Bronchialkatarrh. Bei Einatmung höherer Fluorwasserstoffkonzentrationen kommt es zu schweren Verätzungen der Lungen mit Lungenödem. Die massive Einatmung hoher Konzentrationen kann in kurzer Zeit den Tod herbeiführen.

## 5.5 Wirkungen nach Verschlucken

Orale Aufnahme von Flusssäure oder Hydrogenfluoriden führt zu Verätzungen in Mund, Rachen und Magen-Darm-Trakt sowie zu spezifischen Vergiftungserscheinungen durch Resorption.

## 5.6 Berufskrankheiten

Erkrankungen durch Fluor oder seine Verbindungen sind meldepflichtige Berufskrankheiten nach Listen-Nr. 1308 der Anlage 1 zur Berufskrankheiten-Verordnung. (42)

# 6 Gefährdungsbeurteilung

## 6.1 Allgemeine Anforderungen

Arbeitsschutzgesetz, Verordnungen zum Arbeitsschutz (z. B. Gefahrstoffverordnung, Betriebssicherheitsverordnung, Arbeitsstättenverordnung) und die Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention“ (DGUV Vorschrift 1) verpflichten den Unternehmer bzw. die Unternehmerin, Gefährdungen und Belastungen der Beschäftigten am Arbeitsplatz zu ermitteln und zu beurteilen. Gefährdungen können beispielsweise auftreten durch (5) (12) (11) (6) (43)

- Gefahrstoffe (Toxizität, physikalisch-chemische Wirkung, Brand- und Explosionsgefahren),
- technische Mängel (z. B. undichte Anlageteile),
- organisatorische Mängel (z. B. fehlende Unterweisungen) oder
- mangelhafte Arbeitsplatzgestaltung (z. B. Stolperstellen).

Die BG RCI und andere Unfallversicherungsträger bieten ihren Mitgliedsbetrieben für die Durchführung der Gefährdungsbeurteilung nach Arbeitsschutzgesetz vielfältige Hilfsmittel an:

- Die Merkblätter A 016 „Gefährdungsbeurteilung – Sieben Schritte zum Ziel“ und A 017 „Gefährdungsbeurteilung – Gefährdungskatalog“ der BG RCI und der Ordner „Gefährdungsbeurteilung“. (51) (52)
- Die in diesen Merkblättern enthaltenen Arbeitsblätter sind Teil des Programms GefDok light im „Kompendium Arbeitsschutz“ und stehen im Internet unter [downloadcenter.bgrci.de](http://downloadcenter.bgrci.de) zur Verfügung. Die Excel-Vorlagen können ohne spezielle Excel-Kenntnisse direkt am PC ausgefüllt werden. (74)
- GefDok KMU, eine Software zur Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung in kleinen und mittleren Betrieben, (75)
- Arbeitshilfen aus dem Praxishilfe-Ordner „Arbeitsschutz mit System“ (Word- und Excel-Dateien), (72)
- die Schriftenreihe „Sicheres Arbeiten“, z. B. „Sicheres Arbeiten in Laboratorien“ (DGUV Information 213-850), (45)
- das Portal [www.sicheres-arbeiten-im-labor.de](http://www.sicheres-arbeiten-im-labor.de), (110)
- das Informationssystem [sicheres-befahren.de](http://sicheres-befahren.de) zum Sicheren Befahren von Behältern, (111)
- das Fachwissen-Portal Prävention auf [fachwissen.bgrci.de](http://fachwissen.bgrci.de). (109)

### Die Gefährdungsbeurteilung (12)

- ist vor Aufnahme der Tätigkeiten durchzuführen,
- darf nur von fachkundigen Personen durchgeführt werden; gegebenenfalls hat sich die Unternehmerin bzw. der Unternehmer fachkundig beraten zu lassen, z. B. vom Betriebsarzt, von der Betriebsärztin oder der Fachkraft für Arbeitssicherheit (siehe dazu auch DGUV Grundsatz 313-003), (97)
- ist zu dokumentieren und auf aktuellem Stand zu halten.

Tätigkeiten mit Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganischen Fluoriden dürfen erst aufgenommen werden, nachdem die entsprechenden Schutzmaßnahmen festgelegt und getroffen wurden.

### Die Gefahrstoffverordnung fordert die **Durchführung der Gefährdungsbeurteilung nach folgenden Kriterien:** (12)

- Inhalative Gefährdungen (siehe Abschnitt 6.2.2),
- Dermale Gefährdungen (siehe Abschnitt 6.2.3),
- physikalisch-chemische Gefährdungen.

Dabei müssen über den normalen Betrieb hinaus auch Instandhaltungs- und Wartungsarbeiten sowie die Beseitigung von Störungen des Normalbetriebes betrachtet werden.

Bei der Zusammenarbeit verschiedener Firmen kann die Möglichkeit einer gegenseitigen Gefährdung bestehen (z. B. beim Einsatz von Fremdfirmen in feuergefährdeten Bereichen). Deshalb muss die **Fremdfirmenkoordination** ebenfalls Bestandteil der Gefährdungsbeurteilung sein. D. h. es erfolgt zunächst eine Information an die Fremdunternehmen über mögliche Gefahren und es wird mit ihnen die erforderlichen Schutzmaßnahmen vereinbart und im Einzelnen schriftlich festgelegt. Es wird darüber hinaus in Abstimmung mit den Fremdunternehmern und -unternehmerinnen schriftlich eine **Koordinatorin** oder ein **Koordinator** mit Weisungsbefugnis gegenüber allen beteiligten Arbeitsgruppen bestellt. (12) (43)

### Die Gefährdungsbeurteilung gliedert sich in folgende Schritte: (14)

1. Stoffe, Gemische und sonstige Gefährdungsfaktoren erfassen,
2. Informationsermittlung nach festgelegten Kriterien,
3. Bewertung der Gefährdungen (inhalativ, dermal, physikalisch-chemisch; jeweils unabhängig voneinander),
4. Prüfung auf Substitutionsmöglichkeiten,
5. Festlegung und Durchführung notwendiger Schutzmaßnahmen,
6. Dokumentation,
7. Wirksamkeitskontrolle.

Stoff- oder tätigkeitsbezogene TRGS sowie verfahrens- und stoffspezifische Kriterien (VSK), die in einer TRGS bekannt gemacht werden, kann die Unternehmerin bzw. der Unternehmer unter den Maßgaben der entsprechenden TRGS oder VSK unmittelbar anwenden, wenn die zu beurteilenden Tätigkeiten und Gefährdungen dort beschrieben sind. Wird von den Vorgaben einer TRGS abgewichen, so ist dies in der Gefährdungsbeurteilung zu begründen und zu dokumentieren. Die vorgenommenen Maßnahmen müssen in vergleichbarer Weise den Schutz und die Sicherheit der Beschäftigten gewährleisten. Treten neben den in einer TRGS oder einem VSK beschriebenen Gefährdungen noch weitere auf, ist die Gefährdungsbeurteilung zu ergänzen. (14) (17)

Liegt eine branchen- oder tätigkeitsspezifische Hilfestellung, ein Expositionsszenario nach REACH-Verordnung oder eine mitgelieferte Gefährdungsbeurteilung vom Hersteller oder Inverkehrbringer vor, die bei der Festlegung der Schutzmaßnahmen übernommen werden soll, muss deren Anwendbarkeit anhand der Fragen aus Anhang 2 der TRGS 400 geprüft werden. Gegebenenfalls müssen fehlende einzelne Angaben eigenständig ermittelt und bei der Festlegung berücksichtigt werden und die Gefährdungsbeurteilung um nicht beschriebene Betriebszustände ergänzt werden. (2) (14)

Nach dem Mutterschutzgesetz (MuSchG) ist vorbereitend eine Gefährdungsbeurteilung für schwangere und stillende Frauen durchzuführen, damit entsprechende Schutzmaßnahmen beim Bekanntwerden einer Schwangerschaft schnell umgesetzt werden können. (39) (55) (61)

## 6.2 Informationsermittlung

### 6.2.1 Erfassung der verwendeten Stoffe und Gemische – Gefahrstoffverzeichnis

Informationen über die gefährlichen Eigenschaften von Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganischen Fluoriden enthalten die aktuellen Sicherheitsdatenblätter, die spätestens bei der ersten Lieferung vom Hersteller/Lieferanten kostenlos zu übermitteln sind. Eigene Erfahrungen bei Tätigkeiten mit Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganischen Fluoriden sind bei der Gefährdungsbeurteilung zu berücksichtigen.

Die Unfallversicherungsträger und die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) unterstützen ihre Mitgliedsbetriebe durch Beratungen und durch Veröffentlichungen, z. B. von Merkblättern, toxikologischen Bewertungen und den Gefahrstoff-Portalen GisChem der BG RCI und BGHM und GESTIS der DGUV. (109) (108) (115)

Hinweise zum praktischen Umgang mit Sicherheitsdatenblättern stehen auf der Homepage der BAuA unter [www.baua.de](http://www.baua.de) → Gefahrstoffe → Sicherheitsdatenblatt. (116)

Die ermittelten Gefahrstoffe sind in einem Gefahrstoffverzeichnis aufzulisten. Das Verzeichnis ist auf aktuellem Stand zu halten und allen betroffenen Beschäftigten und deren Vertretung zugänglich zu machen (hierbei dürfen die Angaben zu den verwendeten Mengenbereichen geheim gehalten werden). (12)

An Angaben sollten darin mindestens enthalten sein: (14)

- Bezeichnung des Gefahrstoffes (z. B. Produkt- oder Handelsname aus dem Sicherheitsdatenblatt) und
- Einstufung des Gefahrstoffes oder Angaben zu den gefährlichen Eigenschaften,
- Bezeichnung der Arbeitsbereiche, in denen Beschäftigte dem Gefahrstoff ausgesetzt sein können und
- Angaben zu den im Betrieb verwendeten Mengen.

Die Sicherheitsdatenblätter müssen im Arbeitsbereich allen betroffenen Beschäftigten zur Verfügung stehen. (12)

### 6.2.2 Inhalative Gefährdungen

Die inhalative Gefährdung wird bestimmt durch

- die Eigenschaften (siehe Einstufung in Kapitel 3) von Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganischen Fluoriden,
- die verwendete Menge und
- durch das Freisetzungsvermögen (Dampfdruck).

Dämpfe von Fluorwasserstoff, Flusssäureaerosole sowie Stäube von Hydrogenfluoriden können über die Atemwege aufgenommen werden. Sie können je nach Konzentration und Menge zu schweren Verätzungen der Lunge bis hin zum Tode führen (siehe Abschnitt 5.4).

### 6.2.3 Dermale Gefährdungen

Je nach Stoff und Konzentration kann die Einwirkung von Fluorwasserstoff, Flusssäure und Hydrogenfluoriden auf die Haut zu Reizungen bis hin zum Tode infolge resorptiver Giftwirkung führen (siehe Abschnitt 5.3).

## 6.3 Festlegung notwendiger Schutzmaßnahmen nach Gefahrstoffverordnung (12) (19) (63)

Für die Festlegung der Schutzmaßnahmen sind die Ergebnisse der in den Abschnitten 6.1 und 6.2 beschriebenen Gefährdungsermittlung zu berücksichtigen.

Da Fluorwasserstoff, Flusssäure oder anorganische Fluoride durch Einatmen der Dämpfe, Aerosole oder Stäube und durch Hautkontakt aufgenommen werden, müssen zur Vermeidung von Gesundheitsgefahren die Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) und die biologischen Grenzwerte (BGW) eingehalten und der Hautkontakt vermieden werden. (26) (27)

In den §§ 7–10 nennt die Gefahrstoffverordnung Maßnahmen für das sichere Arbeiten mit Gefahrstoffen und beschreibt gefährdungsbezogene technische, organisatorische, kollektive, hygienische, persönliche und verhaltensbezogene Schutzmaßnahmen, die grundsätzlich geeignet sind, die ermittelten Gefährdungen zu verhindern oder auf ein dem Risiko entsprechendes Mindestmaß zu verringern. (12)

Die Gefahrstoffverordnung sieht für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen ein gestaffeltes Maßnahmenkonzept vor: So müssen, falls die Grundpflichten nach § 7 und die Allgemeinen Schutzmaßnahmen nach § 8 den Schutz der Beschäftigten nicht ausreichend gewährleisten, auch Zusätzliche Schutzmaßnahmen nach § 9 der Gefahrstoffverordnung angewandt werden. Dies ist bei Tätigkeiten mit Fluorwasserstoff und Flusssäure zu erwarten. Lediglich im Bereich sehr verdünnter wässriger Lösungen von Fluorwasserstoff (< 1 %) kann es sein, dass bereits die Grundpflichten und Allgemeinen Maßnahmen ausreichen. (12)

Bei anorganischen Fluoriden sind die Angaben der Hersteller im Sicherheitsdatenblatt zu beachten.

#### **Grundpflichten:**

Grundmaßnahmen des Arbeitsschutzes wie z. B. Substitution, Minimierungsgebot, Anwendung geeigneter Verfahren nach dem Stand der Technik, kollektive technische Schutzmaßnahmen an der Gefahrenquelle, Überprüfung der Einhaltung der Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW, BGW) oder Tragepflicht für persönliche Schutzausrüstungen bei Gefährdung.

#### **Allgemeine Schutzmaßnahmen:**

Allgemeine, bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen immer umzusetzende Schutzmaßnahmen, wie z. B. geeignete Gestaltung des Arbeitsplatzes und -organisation, Bereitstellung geeigneter Arbeitsmittel für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen und geeignete Wartungsverfahren, Begrenzung der Anzahl der Exponierten, Mengen am Arbeitsplatz sowie Expositionsdauer und -höhe, Identifikation und sichere Lagerung von Gefahrstoffen.

#### **Zusätzliche Schutzmaßnahmen:**

Verwendung von geschlossenen Systemen (falls Substitution technisch nicht möglich und Gefährdung durch Inhalation besteht), unverzügliche Bereitstellung von persönlichen Schutzausrüstungen (falls technische und organisatorische Möglichkeiten ausgeschöpft sind und der AGW überschritten wird oder eine Gefährdung durch Haut- und Augenkontakt besteht), getrennter Aufbewahrung von Arbeits- und Straßenkleidung, Reinigung der Arbeitskleidung durch Unternehmer bzw. Unternehmerin, Zugangsbeschränkung für Arbeitsbereiche und Sicherung von Alleinarbeit durch zusätzliche Schutzmaßnahmen oder Aufsicht.

Spezielle Schutzmaßnahmen enthalten die Kapitel 9 bis 11.



## 6.4 Dokumentation und Wirksamkeitskontrolle

Die Gefährdungsbeurteilung ist vor Aufnahme der Tätigkeiten zu dokumentieren und bei maßgeblichen Veränderungen oder neuen Erkenntnissen zu aktualisieren.

Sie umfasst

- die Art der Gefährdungen,
- die festgelegten Schutzmaßnahmen und
- die Wirksamkeitskontrolle.

Die Gefährdungsbeurteilung ist der zuständigen Behörde auf Verlangen vorzuweisen. Hinweise zu Arbeitshilfen für die Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung siehe Abschnitt 6.1.

Die Wirksamkeit der zu treffenden oder bereits getroffenen Schutzmaßnahmen muss überprüft werden. Dazu gehören z. B. die

- Überprüfung der Konzentration von Fluorwasserstoff am Arbeitsplatz durch Messungen, (15) (16)
- regelmäßige Überprüfung von Funktion und Wirksamkeit technischer Schutzmaßnahmen,
- Überprüfung der Einhaltung organisatorischer und personenbezogenen Schutzmaßnahmen.

Die Ergebnisse von arbeitsmedizinischen Vorsorgen sind in die Wirksamkeitskontrollen einzubeziehen.

## 7 Expositionsermittlung

Ist das Auftreten von Fluorwasserstoff, Flusssäureaerosolen oder Fluoridstäuben in der Luft am Arbeitsplatz nicht sicher auszuschließen, so ist zu ermitteln, ob die jeweiligen Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) sowie die zulässigen Spitzenkonzentrationen eingehalten sind. Die Einzel- und die Gesamtwirkung verschiedener gefährlicher Stoffe in der Luft am Arbeitsplatz ist zu beurteilen.

Grenzwerte sind dem aktuellen Sicherheitsdatenblatt zu entnehmen. Aktuell sind die Grenzwerte der TRGS 900 im Internet unter [www.baua.de](http://www.baua.de) → Suchbegriff „TRGS 900“ einsehbar. (26) (116)

### 7.1 Arbeitsbereichsüberwachung

Das Ausmaß der Exposition durch Fluorwasserstoff, Flusssäureaerosole oder Fluoridstäube am Arbeitsplatz kann z. B. anhand von Konzentrationsmessungen gemäß TRGS 402 oder gleichwertigen Nachweismethoden festgestellt werden. Dies können stationäre Messungen mit elektrochemischen Sensoren, insbesondere Messungen an der Emissionsquelle oder Messung der Menge des freigesetzten Gefahrstoffes unter Berücksichtigung der betrieblichen Verhältnisse sein. (16) (70)

Ferner können Rechenverfahren, Messkataster und Vergleiche mit ähnlichen Arbeitsplätzen herangezogen werden, wenn diese fachkundig und nachvollziehbar durchgeführt werden. Zur nicht-messtechnischen quantitativen Expositionsabschätzung kann beispielsweise das Online-Instrument GESTIS-Stoffenmanager kostenlos genutzt werden [www.dguv.de](http://www.dguv.de), Webcode: d117179. (16) (115)

Abbildung 1: Stationäre Arbeitsbereichsüberwachung



Die Ergebnisse der Arbeitsbereichsüberwachung sind zu dokumentieren.

## 7.2 Arbeitsplatzmessungen

Messungen zur Einhaltung des Arbeitsplatzgrenzwertes nach TRGS 402 werden in der Regel von anerkannten Messstellen durchgeführt. Diese wenden standardisierte Messverfahren an. Die empfohlene Probenahmedauer beträgt zwei Stunden. Wenn eine für Messungen von Gefahrstoffen an Arbeitsplätzen akkreditierte Messstelle beauftragt wird, kann in der Regel davon ausgegangen werden, dass die von dieser Messstelle gewonnenen Erkenntnisse zutreffend sind. (16)

Akkreditierte Messstellen können über die Homepage der Deutsche Akkreditierungsstelle (DAkkS) gesucht werden. Eine Liste steht auf den Internetseiten des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) zum Download bereit: [www.dguv.de](http://www.dguv.de), Webcode: d4706. (118) (114)

Orientierende Kurzzeitmessungen können mit direktanzeigenden Prüfröhrchen durchgeführt werden. Sie haben den Vorteil, dass sie kostengünstig direkt vor Ort ein Messergebnis liefern. Auf eventuelle Querempfindlichkeiten (Störung des Nachweises durch Fremdstoffen) ist zu achten.

Die Entscheidung über die Eignung des Prüfröhrchen-Messverfahrens liegt beim Unternehmer bzw. bei der Unternehmerin. Wer Messungen durchführt, muss über die notwendige Sachkunde und über die notwendigen Einrichtungen verfügen.

## 8 Substitution

Bei Tätigkeiten mit Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganischen Fluoriden hat die Unternehmerin bzw. der Unternehmer zu prüfen, ob durch den Austausch des Stoffs oder eine Änderung des Verwendungsverfahrens Gefährdungen der Beschäftigten vermieden oder zumindest vermindert werden können. Zum Beispiel sollte der Einsatz eines geschlossenen Systems geprüft werden. (12) (24)

Bei der vorgeschriebenen Substitutionsprüfung werden potentielle Ersatzprodukte oder -verfahren mit den im Betrieb verwendeten verglichen. Um diesen Vergleich strukturiert und objektiv durchzuführen kann das GHS-Spaltenmodell 2017 des IFA verwendet werden: [www.dguv.de](http://www.dguv.de), Webcode: d124774. (114)

Bei der Substitutionsprüfung sind alle von den Stoffen oder Gemischen ausgehenden Gefahren zu betrachten. So ist abzuwägen, ob z. B. beim Wechsel auf einen weniger toxischen Stoff, der dafür eine höhere Brand- und Explosionsgefahr bedeutet, diese in Kauf genommen werden kann.

Bei Tätigkeiten mit hoher Gefährdung muss die Substitution durchgeführt werden, wenn dies technisch möglich und verhältnismäßig ist.

Die Ergebnisse der Substitutionsprüfung sind in der Gefährdungsbeurteilung zu dokumentieren. Der Verzicht auf eine mögliche Substitution ist in der Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung zu begründen. (12) (24)

## 9 Technische Schutzmaßnahmen

Um eine Gefährdung der Beschäftigten zu vermeiden, sind nach der Prüfung auf Substitution (siehe Kapitel 8) zunächst technische Schutzmaßnahmen zu treffen. Anlagen und Arbeitsverfahren sind innerhalb einer angemessenen Frist dem Stand der Technik anzupassen. Diese sollte sich an der Schadensschwere und der Eintrittswahrscheinlichkeit orientieren. (12)

Es gilt folgende Rangfolge für die technischen Maßnahmen:

- Geschlossene Apparaturen,
- Absaugung an Entstehungs- oder Austrittsstellen,
- Belüftung.

### 9.1 Anlagen, Verfahren

Sofern Anlagen, in denen Tätigkeiten mit Fluorwasserstoff, Flusssäure oder anorganischen Fluoriden unter den Anwendungsbereich einer oder mehrerer EU-Richtlinien, z. B. der Maschinenrichtlinie, Druckgeräterichtlinie, Explosionsschutzrichtlinie fallen, haben sie den dort aufgeführten Anforderungen zu genügen. Dies ist bei Konstruktion nach harmonisierten europäischen Normen gegeben und wird durch die CE-Kennzeichnung und die Konformitätserklärung bestätigt. (68)

Die Betriebsanleitungen der Anlagenhersteller sind zu beachten.

Beim Befüllen und Entleeren von Anlageteilen oder Apparaturen sind technische Maßnahmen zu treffen, die ein Austreten von Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganischen Fluoriden in die Arbeitsbereichsatmosphäre verhindern. Solche Maßnahmen sind z. B. Einsaugen mit Unterdruck und Gaspendingung. Hilfsstoffe können z. B. über Schleusen eingebracht werden. (19)

Können Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganische Fluoride so eingeschlossen werden, dass durch Wärmeeinwirkung der zulässige Betriebsüberdruck eines Anlageteils überschritten werden kann, so sind geeignete Sicherheitseinrichtungen vorzusehen, z. B. Sicherheitsventile, Berstscheiben, Überströmventile, Ausdehnungsbehälter. Abluft aus Sicherheitseinrichtungen ist gefahrlos abzuleiten, sie darf nicht in Arbeitsbereiche geführt werden. (77)

Es ist dafür zu sorgen, dass vorhandene Schutz- und Sicherheitseinrichtungen funktionsfähig sind und nicht auf einfache Weise manipuliert oder umgangen werden.

Rohrleitungen für Fluorwasserstoff und Flusssäure, die in geschlossene Gebäude führen, müssen von ungefährdeter Stelle aus absperrbar sein.

Besondere Gefahrenstellen an Rohr- und Schlauchleitungen, deren Verbindungen, Armaturen und Dosiergefäße sind mit Schutzeinrichtungen gegen Gefährdung von Personen durch Verspritzen zu sichern, z. B. durch Umwickeln mit Kunststoffband oder durch andere Abschirmungen.

Pumpen, die nach dem Verdrängerprinzip arbeiten, z. B. Kolbenpumpen, müssen durch eine Sicherheitseinrichtung gegen unzulässige Drucküberschreitungen bei geschlossener Druckleitung, z. B. durch Sicherheitsschaltung, Überströmventil, geschützt sein.

Behälter und Rohrleitungen sind eindeutig, deutlich erkennbar und dauerhaft zu kennzeichnen, wenn durch Inhalt, Temperatur oder durch Verwechseln Gefahren entstehen können. (7) (12) (13) (64) (101)

Anlageteile, Apparaturen und Einrichtungen, in denen mit Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganischen Fluoriden umgegangen wird, sind so zu gestalten, dass sie leicht zu reinigen sind und möglichst selten von Hand gereinigt werden müssen. Für die Reinigung sind bevorzugt technische Maßnahmen zu treffen, z. B. Spülen, Auskochen, Flüssigkeitsstrahler, Verdrängen. Lösungen von Hydrogenfluoriden können mit Sodalösung oder aufgeschlammtem Kalk neutralisiert werden.

Kann eine Gesundheitsgefährdung bei Reinigungsarbeiten durch technische Maßnahmen nicht ausgeschlossen werden, so müssen persönliche Schutzausrüstungen benutzt werden.

## 9.2 Werkstoffe

Behälter Leitungen, Armaturen und Ventile für Fluorwasserstoff, Flusssäure und bestimmte anorganische Fluoride müssen aus geeigneten Werkstoffen hergestellt sein.

Metalle werden von Fluorwasserstoff unter Wasserstoffbildung angegriffen. Bei Flusssäurekonzentrationen über 70 % bildet sich bei manchen Metallen (z. B. Eisen, Nickel, Kupfer) eine passivierende Fluoridschicht. Für reinen Fluorwasserstoff und Flusssäure-Konzentrationen > 70 % stehen geeignete Behälter oder Kesselwagen aus Stahl oder bestimmten Nickel-Legierungen (z. B. Kesselblech H II, Alloy 400) zur Verfügung.

Da Glas, Keramik, Porzellan und andere silikathaltige Materialien von Fluorwasserstoff angegriffen werden, sind sie als Werkstoffe für Fluorwasserstoff, Flusssäure und bestimmte anorganische Fluoride ungeeignet.

Bei der Auswahl von Werkstoffen für Flusssäure sind deren Konzentration und die eingesetzte Temperatur zu berücksichtigen. Bei einer Temperatur von 20 °C sind folgende Materialien gegenüber Flusssäure weitestgehend korrosionsbeständig: (106)

Nickel-Legierungen:	alle Konzentrationsbereiche
Stahl, Eisen, Nickel, Kupfer:	c > 70 % HF
PTFE, PE, PVDF:	c < 70 % HF
PP:	c < 60 % HF

Grundsätzlich ist das Korrosionsverhalten von Werkstoffen, über die noch keine ausreichenden Erfahrungen vorliegen, vor dem betrieblichen Einsatz in Testversuchen zu prüfen. Gleiches gilt für Mischungen von Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganischen Fluoriden mit anderen korrodierenden Substanzen, da sich je nach Zusammensetzung das Korrosionsverhalten gegenüber den Werkstoffen deutlich ändern kann.

## 9.3 Laboratorien

Arbeiten, bei denen fluoridhaltige Dämpfe oder Schwebstoffe auftreten können, dürfen grundsätzlich nur in Abzügen durchgeführt werden. Die Frontschieber sind bei solchen Arbeiten geschlossen zu halten. (45)

Außerhalb der Abzüge dürfen solche Arbeiten nur durchgeführt werden, wenn durch geeignete Maßnahmen oder durch die Art der Arbeit sichergestellt ist, dass Beschäftigte nicht gefährdet werden. Das ist möglich z. B. durch Verwenden von

- geschlossenen Apparaturen,
- Apparaturen, die über Kühlfallen oder geeignete Absorptionsmittel entlüftet sind,
- Apparaturen unter Unterdruck,
- Gloveboxen,
- wirksamen Objektabsaugungen.

Treten fluorhaltige Dämpfe oder Schwebstoffe unerwartet und in möglicherweise gefährlicher Konzentration oder Menge aus (oberhalb des AGW, siehe Kapitel 3), so sind der gefährdete Bereich zu räumen und die betroffene Umgebung zu warnen. Die Beseitigung des gefährlichen Zustandes darf nur unter geeigneten Schutzmaßnahmen erfolgen. Die Schutzmaßnahmen sind in der Betriebsanweisung festzulegen.

Einzelheiten enthält die DGUV Information 213-850 „Sicheres Arbeiten in Laboratorien“. (45)

## 9.4 Arbeits- und Lagerräume

Räume, in denen mit Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganischen Fluoriden umgegangen wird, müssen gut durchlüftet sein. Der jeweilige AGW darf nicht überschritten werden. Reicht natürliche Lüftung nicht aus, so ist eine technische Lüftung erforderlich (Abgesaugte Luft muss ersetzt werden!). Hinweise sind in der Arbeitsstättenverordnung, in der Arbeitsstätten-Richtlinie ASR A3.6 „Lüftung“ und in der DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“ zu finden. Abluftführungen sind so zu gestalten, dass schadstoffhaltige Luft nicht durch den Atembereich der Beschäftigten geführt wird. (6) (10) (78) (93) (19)

Fußböden sollen gegen Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganische Fluoride beständig und, zur besseren Reinigung, dicht, fugenlos und nicht saugfähig sein.

Bei Bau und Ausrüstung von Lagerräumen sind die TRGS 509 und 510 zu berücksichtigen, u. a.: (20) (21)

- Für Lager mit einer Ausdehnung ab 800 m<sup>2</sup> sind zur Warnung von Personen, die sich im Lager oder in dessen unmittelbarer Nähe befinden können, Alarmierungseinrichtungen vorzusehen, z. B. eine Lautsprecheranlage.
- Lager in Gebäuden mit einer Lagermenge von mehr als 20 t toxischer Flüssigkeiten und Feststoffe pro Lagerabschnitt sind mit automatischen Brandmeldeanlagen auszurüsten (bei besonderen örtlichen oder betrieblichen Gegebenheiten ab 10 t).

### 9.4.1 Aufbewahren, Lagern

Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganische Fluoride sind so aufzubewahren und zu lagern, dass Mensch und Umwelt nicht gefährdet werden. Dabei sind auch Vorkehrungen zu treffen, um Missbrauch oder Fehlgebrauch nach Möglichkeit zu verhindern. (12) (20) (21)

Akut toxische Gefahrstoffe, wie Fluorwasserstoff, Flusssäure und verschiedene anorganische Fluoride sind unter Verschluss oder so aufzubewahren oder zu lagern, dass nur fachkundige Personen Zugang haben. Zum Beispiel

in einem geeigneten, abschließbarem Schrank, einem abschließbaren Gebäude oder abschließbarem Raum oder auf einem Betriebsgelände mit Werkszaun und Zugangskontrolle. Personen, denen für die Verladung der Versandstücke und die Beförderung Zugang gewährt wird, sind einzuweisen und zu beaufsichtigen (siehe auch Abschnitt 10.3). (12)

Behälter, durch deren Form oder Kennzeichnung der Inhalt mit Lebensmitteln verwechselt werden kann, dürfen nicht zur Aufbewahrung und Lagerung von Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganischen Fluoriden verwendet werden. (12)

Behälter müssen geeignet, dicht verschließbar und gekennzeichnet sein. Nach jeder Entnahme von Flusssäure sind die Behältnisse sofort sorgfältig zu verschließen und äußerlich von Flusssäureresten zu reinigen.

Unterhalb von Lagerbehältern für Flusssäure muss ein flüssigkeitsdichter, gegen Flusssäure beständiger Auffangraum vorhanden sein. Ausgetretene Säure muss gefahrlos entfernt werden können. Die Lagerbehälter müssen unmittelbar am Austritt eine Absperrvorrichtung besitzen. (20) (21) (35)

Anlagen zur Lagerung und Beförderung sind vor ihrer Inbetriebnahme oder Wiederinbetriebnahme nach wesentlichen Reparaturen oder Änderungen auf Dichtheit zu prüfen.

An Arbeitsplätzen dürfen Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganische Fluoride nur in Mengen vorhanden sein, die für den Fortgang der Arbeit erforderlich sind. (12)

Weitere Hinweise geben:

- Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV), (11)
- Störfall-Verordnung (12. BImSchV), (33)
- TRGS 509 „Lagern von flüssigen und festen Gefahrstoffen in ortsfesten Behältern sowie Füll- und Entleerstellen für ortsbewegliche Behälter“, (20)
- TRGS 510 „Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern“, (21)
- DGUV Information 213-085 „Lagerung von Gefahrstoffen – Antworten auf häufig gestellte Fragen“ (Merkblatt M 063 der BG RCI). (65)

Flusssäure gehört nach TRGS 510 zur Lagerklasse (LGK) 6.1B (nichtbrennbare akut toxische Stoffe).

## 9.4.2 Genehmigungsbedürftige Lager

Im genehmigungsbedürftigen Lager nach Nummer 9.3 des Anhangs der 4. BImSchV mit mehr als 50 t (bei Genehmigungsverfahren mit Öffentlichkeitsbeteiligung gemäß § 10 BImSchG) oder 5 t Fluorwasserstoff (vereinfachtes Verfahren gemäß § 19 BImSchG) ist eine besondere Sicherung bei der Lagerung vorzusehen, z. B. durch: (32) (31)

1. Ausführung des Lagerraums in fester Bauweise (z. B. Steine über 120 mm, Beton über 100 mm Wandstärke, geeignete Gefahrstoff-Container) mit fensterlosen Außenwänden oder vergitterten Fenstern sowie mit einbruchhemmenden Türen mit Sicherheitsschlössern,
2. Ausführung des Lagerraums wie vor, aber mit Fenstern und Türen, die durch Einbruchmeldeanlagen (EMA) oder durch Bewegungsmelder hinter den Öffnungen überwacht werden; die EMA müssen dann an eine ständig besetzte Alarmzentrale melden,
3. Ständige Überwachung durch einen Werkschutz oder eine Überwachungsgesellschaft oder Wachpersonal,
4. Einfriedung des Lagerbereiches mit einem Sicherheitszaun mit Übersteigschutz und einer Höhe von mindestens 2,5 m sowie ausreichender Beleuchtung der Anlage und ständiger Überwachung durch einen Werkschutz oder eine Überwachungsgesellschaft oder Wachpersonal,

5. Einfriedung des Lagerbereichs wie unter Ziffer 4, aber elektronische Überwachung mit Meldung zu einer ständig besetzten Alarmzentrale oder
6. Sicherung von Behältern durch Entnahmesicherung sowie Einfriedung des Behälter- bzw. Werkgeländes.

## 9.5 Transport

Den Transport von Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganischen Fluoriden auf öffentlichen Verkehrswegen regelt eine Reihe nationaler und internationaler verkehrsrechtlicher Vorschriften. Einzelheiten enthalten die DGUV Informationen 213-052 „Beförderung gefährlicher Güter“ (Merkblatt A 013 der BG RCI) und 213-012 „Gefahrgutbeförderung in Pkw und in Kleintransportern“ (Merkblatt A 014). (29) (103) (104) (49) (46) (50) (57)

Die Transportbehälter für Flusssäure sind gut verschlossen und gegen Wärmeeinwirkung geschützt spundgerecht zu lagern.

Es dürfen nur für den Transport zugelassene Behälter, kenntlich an der UN-Codierung, verwendet werden. Behälter aus Kunststoff dürfen zum Transport von Flusssäure in Konzentrationen von 60 bis 85 Gew.-% HF nur benutzt werden, wenn deren Herstellung noch nicht länger als zwei Jahre ab dem Produktionsdatum zurückliegt. Für Konzentrationen kleiner 60 Gew.-% HF sind auch PE-Container bis maximal 3 000 Liter (IBC) erlaubt.

Entleerte Mehrwegbehältnisse aus Normalstahl sind zur Wiederbefüllung ungespült und verschlossen an den Befüller zurückzugeben. Als leere, ungereinigte Verpackungen sind sie dabei wie volle Verpackungen zu kennzeichnen und zu behandeln. Bei der Beseitigung von Behältnissen ist besondere Vorsicht geboten. Das Kreislaufwirtschaftsgesetz ist zu beachten. (37)

## 9.6 Umfüllen (71)

Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganische Fluoride sind so umzufüllen, dass eine Gefährdung durch Dämpfe oder Schwebstoffe vermieden wird. (19)

Die beim Befüllen von Behältern anfallende Abluft kann z. B. nach dem Gaspindelverfahren zurückgeführt werden.

Kleine Mengen Flusssäure lassen sich beispielsweise mit geeigneten Dosiervorrichtungen sicher in millilitergenauer Menge abfüllen.

Abbildung 2: Dosiervorrichtungen für Flusssäure



Behälter, die Fluorwasserstoff, Flusssäure oder Lösungen anorganischer Fluoride enthalten, können unter Überdruck stehen. Beim Öffnen der Behälter ist daher, soweit möglich, vorher zu entlüften oder der Verschluss langsam zu lockern.

Sofern möglich, sollte auf ein Umfüllen verzichtet werden. Zum Beispiel könnte der Ansatz so gewählt werden, dass ein Gebinde vollständig und ohne Umfüllschritte entleert wird.

## 9.7 Entsorgen von Abfällen und Rückständen

Abfälle und Rückstände, die Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganische Fluoride enthalten können, müssen sachgemäß vernichtet oder beseitigt werden.

Über die Kennzeichnung von Abfällen mit gefährlichen Eigenschaften informiert die Abfallverzeichnis-Verordnung. (30)

Auskunft über Abfallverwertungs- bzw. Beseitigungsanlagen geben die für die Abfallbeseitigung zuständigen Landesbehörden und die Handelskammern. (120) (121)

Durch Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganische Fluoride verunreinigte Leergebinde, die nicht wieder verwendet werden sollen, sind wie Rückstände zu behandeln. Um den Aufwand bei der Entsorgung der verunreinigten Fässer zu verringern, sollten diese Stoffe vorher vernichtet werden. (67)

## 10 Organisatorische Schutzmaßnahmen

### 10.1 Betriebsanweisung

Als Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung wird eine Betriebsanweisung erstellt. Sie muss genaue Angaben über die im Einzelfall für Mensch und Umwelt möglichen Gefahren sowie die zu deren Abwehr erforderlichen Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln enthalten. Auf die sachgerechte Entsorgung gefährlicher Abfälle, das Verhalten im Gefahrenfall und Erste-Hilfe-Maßnahmen ist ebenfalls einzugehen. (12) (23) (48)

Die Betriebsanweisung ist in verständlicher Form abzufassen und an geeigneter Stelle in der Arbeitsstätte bekannt zu machen. Die Betriebsanweisung muss jederzeit von den Beschäftigten eingesehen werden können.

Betriebsanweisungsentwürfe zu vielen Stoffen und Produktgruppen (Gemischen) können unter [www.gischem.de](http://www.gischem.de) im Bereich „Gefahrstoffsuche“ heruntergeladen werden. Sie müssen dann noch arbeitsplatz- und tätigkeitsbezogen angepasst werden. (108)

Mit dem Modul „GisChem-Interaktiv“ können darüber hinaus Betriebsanweisungen in einem Frage-Antwort-Dialog mit den Angaben aus einem vorliegenden Sicherheitsdatenblatt konkret auf einen Arbeitsplatz und eine Tätigkeit bezogen selbst erstellt werden.

### 10.2 Unterweisung

Die Beschäftigten müssen auf mögliche Gefährdungen beim Umgang mit Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganischen Fluoriden aufmerksam gemacht und über die zu treffenden Schutzmaßnahmen eingehend unterrichtet werden. Die arbeitsbereichs- und stoffbezogene Betriebsanweisung dient dabei als Grundlage für die Unterweisung. Die Unterweisungen müssen vor Aufnahme der Tätigkeit und anschließend mindestens einmal

---



jährlich (Jugendliche halbjährlich) mündlich und arbeitsplatzbezogen erfolgen. Inhalt und Zeitpunkt der Unterweisung sind schriftlich festzuhalten und von den Unterwiesenen durch Unterschrift zu bestätigen. Die Unterschrift entbindet die Verantwortlichen nicht von der Verpflichtung, sich davon zu überzeugen, dass die Unterweisung verstanden worden ist und danach gehandelt wird (Kontrollpflicht). Die Erfolgskontrolle kann z. B. durch Beantworten eines arbeitsplatzbezogenen Fragebogens erfolgen. (12) (23) (54) (76) (40)

Es kann erforderlich sein, die Unterweisung durch praktische Vorführung einzelner Maßnahmen vor Ort und durch Einüben seitens der Beschäftigten unter fachkundiger Anleitung zu ergänzen, z. B. durch Anlegen von Schutzanzügen, von Atemschutzgeräten, durch Übungen für den Schadensfall und Feuerlöschübungen. Weiterhin kann eine eingehende Arbeits- und Sicherheitsabsprache vor Ort erforderlich sein.

Im Rahmen der Unterweisung ist über besondere Gefahren bei Tätigkeiten mit Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganischen Fluoriden eine allgemeine arbeitsmedizinisch-toxikologische Beratung durchzuführen.

In regelmäßigen Zeitabständen sollte neben der Unterweisung eine Flucht- und Rettungsübung durchgeführt werden (siehe auch Kapitel 12). Die Alarm- und Gefahrenabwehrpläne nach § 10 der Störfall-Verordnung müssen alle drei Jahre unterwiesen werden. (33)

### 10.3 Zugangsbeschränkungen

Das Betreten von Anlagen, Arbeits- und Lagerräumen, in denen Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganische Fluoride in gefährlichen Konzentrationen (d. h. oberhalb des AGW, siehe Kapitel 3) auftreten können, ist nur den dort Beschäftigten mit den in der Gefährdungsbeurteilung und Betriebsanweisung festgelegten ausreichenden Schutzmaßnahmen gestattet. Andere Personen dürfen die Räume nur mit ausdrücklicher Genehmigung des Unternehmers bzw. der Unternehmerin oder dessen bzw. deren Beauftragten und mit ausreichenden Schutzmaßnahmen betreten. Zutrittsverbote können betrieblich in einer Weise geregelt werden, die der Gefährdung und den praktischen Bedürfnissen angemessen ist, z. B. durch entsprechende Verbots- und Hinweisschilder wie dem Verbotsschilder D-P006: Zutritt für Unbefugte verboten. (12) (7)

Verbotsschilder D-P006  
„Zutritt für Unbefugte verboten“



### 10.4 Beschäftigungsbeschränkungen und -verbote

Beschäftigungsbeschränkungen und -verbote sind z. B. zu beachten, wenn Jugendliche, werdende oder stillende Mütter besonders gefährliche Tätigkeiten oder mit bestimmten Gefahrstoffen Tätigkeiten ausüben sollen.

Jugendliche ab 15 Jahren dürfen nach Jugendarbeitsschutzgesetz nur dann Tätigkeiten mit Gefahrstoffen ausführen, wenn diese zum Erreichen des Ausbildungszieles erforderlich sind, ein eventueller Arbeitsplatzgrenzwert unterschritten ist und die Aufsicht durch einen Fachkundigen sowie betriebsärztliche und sicherheitstechnische Betreuung gewährleistet ist. (40)

Bei werdenden oder stillenden Müttern muss die Gefährdung durch Gefahrstoffe separat beurteilt werden. Eine unverantwortbare Gefährdung muss ausgeschlossen sein. Flusssäure, Fluorwasserstoff und bestimmte anorganische Fluoride haben die im Mutterschutzgesetz in § 11 genannten Einstufungen, bei denen in jedem Fall von einer unverantwortbaren Gefährdung ausgegangen werden muss. (39)

## 10.5 Instandhaltung

Verschiedene Wartungs-, Inspektions-, Instandsetzungs- und Abbrucharbeiten in oder an Anlageteilen, Apparaturen oder Einrichtungen, in denen Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganische Fluoride vorkommen können, dürfen nur mit schriftlicher Erlaubnis durchgeführt werden.

Dazu gehören z. B.:

- Arbeiten in Behältern, Silos und engen Räumen, (86) (69) (111)
- Feuerarbeiten, z. B. Schweißen, Schneiden, Löten, Anwärmen, wenn sich Feuer- und Explosionsgefahren nicht restlos beseitigen lassen (Wasserstoffbildung!),
- Arbeiten, bei denen mit dem Austritt von Fluorwasserstoff zu rechnen ist.

In der Erlaubnis sind die notwendigen Schutzmaßnahmen festzulegen, z. B. vollständige Entleerung der Apparatur, persönliche Schutzmaßnahmen beim Öffnen, Reinigen mit geeigneten Mitteln, Lüftungsmaßnahmen, Konzentrationsmessungen.

Wegen der gesundheitsschädigenden Wirkung von Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganischen Fluoriden sollen auch alle übrigen Instandhaltungs- und Abbrucharbeiten nur nach Erteilung einer schriftlichen Erlaubnis durchgeführt werden. Dadurch soll sichergestellt werden, dass alle im Einzelfall erforderlichen Schutzmaßnahmen durchgeführt sind.

An Rohrleitungen für Flusssäure oder Fluorwasserstoff darf nur gearbeitet werden, wenn sie entspannt, entleert und gereinigt sind.

Alle Arbeiten in oder an fluorwasserstoffführenden Rohrleitungen sind unter der Aufsicht einer geeigneten, zuverlässigen und besonders unterwiesenen Person durchzuführen. Allgemeine Schutzmaßnahmen für Arbeiten in oder an Rohrleitungen sind in der DGUV Regel 100-500/100-501 „Betreiben von Arbeitsmitteln“, Kapitel 2.31 „Arbeiten an Gasleitungen“ zusammengestellt. (77)

Absaug- und Abscheideeinrichtungen sind in Intervallen zu warten, die den betrieblichen Verhältnissen angepasst sind. Die Funktionsfähigkeit dieser Einrichtungen ist nach Bedarf, mindestens jedoch jährlich zu überprüfen. (12)

## 10.6 Arbeiten in Behältern, Silos und engen Räumen

Arbeiten in Behältern und Tanks, die Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganische Fluoride enthielten, dürfen nur mit schriftlicher Erlaubnis, nach Anordnung der entsprechenden Schutzmaßnahmen und nach mündlicher Unterweisung der Beschäftigten ausgeführt werden. Mit den Arbeiten darf erst begonnen werden, nachdem die oder der Aufsichtführende festgestellt hat, dass die schriftlich festgelegten Maßnahmen getroffen sind.

Einzelheiten sind festgelegt in der DGUV Regel 113-004 „Arbeiten in Behältern, Silos und engen Räumen“. (86)

## 10.7 Hygiene

Technische Schutzmaßnahmen, geeignete organisatorische Maßnahmen sowie persönliche Schutzausrüstungen sollen die unmittelbare Aufnahme von Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganischen Fluoriden verhindern.

Um jedoch auch eine mittelbare Aufnahme zu vermeiden, sind hygienische Maßnahmen erforderlich. Eine mittelbare Aufnahme ist z. B. möglich durch mangelhafte Sauberkeit am Arbeitsplatz und die unsachgemäße Handhabung verschmutzter Arbeitskleidung und persönlicher Schutzausrüstungen.

Vor Pausen und nach der Arbeit ist auf eine gründliche Händereinigung mit dem im Hand- und Hautschutzplan vorgesehenen Hautreinigungsmittel durchzuführen. Siehe auch Abschnitt 11.4. (53) (95)

Arbeitskleidung, Schutzkleidung und persönliche Schutzausrüstungen, die durch Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganische Fluoride verunreinigt sind, müssen gewechselt und gründlich gereinigt oder erforderlichenfalls vernichtet werden. (12)

Um den Aufwand bei der Entsorgung zu verringern, sollten Kleidung und persönliche Schutzausrüstungen vor dem Vernichten ebenfalls gereinigt werden.

Beschäftigten, die mit Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganischen Fluoriden umgehen, sind Waschräume sowie Räume mit getrennten Aufbewahrungsmöglichkeiten für Straßen- und Arbeitskleidung sowie für persönliche Schutzausrüstung zur Verfügung zu stellen. Ist es zum Ausschluss von Gesundheitsgefahren erforderlich, so sind für Straßen- und für Arbeitskleidung sowie für persönliche Schutzausrüstungen Umkleideräume zur Verfügung zu stellen, die durch einen Waschraum mit Duschen voneinander getrennt sind. (6) (12)

Beschäftigte, die mit Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganischen Fluoriden umgehen, dürfen in Arbeitsräumen oder an Arbeitsplätzen im Freien keine Nahrungs- und Genussmittel zu sich nehmen. Nahrungs- und Genussmittel dürfen nur so aufbewahrt werden, dass sie nicht mit Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganischen Fluoriden in Berührung kommen. (12)

## 10.8 Arbeitsmedizinische Vorsorge

Trotz der Maßnahmen des technischen und organisatorischen Arbeitsschutzes und trotz des Tragens persönlicher Schutzausrüstungen kann es zu Gesundheitsschädigungen durch Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganische Fluoride kommen. Die arbeitsmedizinische Vorsorge hilft, Beeinträchtigungen der Gesundheit rechtzeitig zu erkennen und ihnen vorbeugen zu können. (3) (58)

Dem Arzt oder der Ärztin sind alle erforderlichen Auskünfte über die Arbeitsplatzverhältnisse, insbesondere über den Anlass der arbeitsmedizinischen Vorsorge und die Ergebnisse der Gefährdungsbeurteilung, zu erteilen und die Begehung des Arbeitsplatzes zu ermöglichen. Ihm oder ihr ist auf Verlangen Einsicht in die Vorsorgekartei zu gewähren.

### 10.8.1 Arten der arbeitsmedizinischen Vorsorge

Die Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge legt für gefährdende Tätigkeiten arbeitsmedizinische Vorsorgen fest. Dabei werden Pflichtvorsorge, Angebotsvorsorge und Wunschvorsorge unterschieden.

### **10.8.1.1 Pflichtvorsorge**

Die Pflichtvorsorge wird durch die Unternehmerin bzw. den Unternehmer bei bestimmten besonders gefährdenden Tätigkeiten veranlasst. Sie wird vor Aufnahme der Tätigkeit und danach regelmäßig durchgeführt. Der Arbeitgeber darf eine Tätigkeit nur ausüben lassen, wenn der oder die Beschäftigte an der Pflichtvorsorge teilgenommen hat.

### **10.8.1.2 Angebotsvorsorge**

Die Angebotsvorsorge wird von der Unternehmerin bzw. vom Unternehmer bei bestimmten gefährdenden Tätigkeiten vor Aufnahme der Tätigkeit und danach regelmäßig schriftlich angeboten. Dasselbe geschieht, wenn die Unternehmerin bzw. der Unternehmer von einer Erkrankung erfährt, die im Zusammenhang mit der Tätigkeit eines oder einer Beschäftigten stehen kann. Die oder der Beschäftigte darf dieses Angebot ablehnen – trotzdem muss sie weiterhin angeboten werden.

### **10.8.1.3 Wunschvorsorge**

Die Wunschvorsorge wird vom Unternehmer bzw. von der Unternehmerin auf Wunsch der Beschäftigten ermöglicht, wenn diese einen Zusammenhang zwischen auftretenden Gesundheitsbeschwerden und den Arbeitsplatzverhältnissen vermuten.

Dem Wunsch muss nicht entsprochen werden, wenn aufgrund des Ergebnisses der Gefährdungsbeurteilung und der getroffenen Schutzmaßnahmen bei der Ausübung der entsprechenden Tätigkeit mit keinem Gesundheitsschaden zu rechnen ist.

Im Falle eines Rechtsstreits muss die Unternehmerin bzw. der Unternehmer dies darlegen und beweisen.

## **10.8.2 Vorsorgeanlässe**

Im Zusammenhang mit den in dieser Schrift behandelten Inhalten sind die im Folgenden aufgeführten Vorsorgeanlässe nach ArbMedVV relevant. (3) (58)

### **10.8.2.1 Tätigkeiten mit Fluorwasserstoff, Flusssäure oder anorganischen Fluoriden**

Gemäß des Anhangs Teil 1 Absatz 1 Punkt 1 der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) muss bei Tätigkeiten mit Fluorwasserstoff, Flusssäure oder anorganischen Fluoriden, bei denen ein Hautkontakt nicht ausgeschlossen werden kann oder der Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) nicht eingehalten wird, arbeitsmedizinische Vorsorge (Pflichtvorsorge) veranlasst werden. (3)

Bei Tätigkeiten mit Fluorwasserstoff, Flusssäure oder anorganischen Fluoriden ist bei Einhaltung des Arbeitsplatzgrenzwertes arbeitsmedizinische Vorsorge (Angebotsvorsorge) anzubieten, sofern eine Exposition nicht ausgeschlossen werden kann.

Für die Durchführung wird der DGUV Grundsatz für arbeitsmedizinische Vorsorge G 34 „Fluor oder seine anorganischen Verbindungen“ empfohlen. (105)

### 10.8.2.2 Tragen von Atemschutzgeräten

Für Trägerinnen und Träger von Atemschutzgeräten der Gruppen 2 und 3 müssen Pflichtvorsorgen veranlasst, Gruppe 1 Vorsorgen angeboten werden (Einteilung nach arbeitsmedizinischer Regel (AMR) 14.2). (4)

Für die Durchführung wird der DGUV Grundsatz für arbeitsmedizinische Vorsorge G 26 „Atemschutzgeräte“ empfohlen. (105)

### 10.8.2.3 Tragen flüssigkeitsdichter Handschuhe

Das Tragen von flüssigkeitsdichten Handschuhen gilt wegen des Schwitzens im Handschuh als Feuchtarbeit. Beim regelmäßigen Tragen von flüssigkeitsdichten Handschuhen von mehr als 4 Stunden pro Tag müssen Vorsorgen veranlasst (Pflichtvorsorge), bei mehr als 2 Stunden pro Tag angeboten werden (Angebotsvorsorge).

## 10.8.3 Aufklärungspflicht des Arztes bzw. der Ärztin

Die Betriebsärztin bzw. der Betriebsarzt muss die im Rahmen einer arbeitsmedizinischen Vorsorge oder einer arbeitsmedizinischen Untersuchung erhobenen Erkenntnisse und Befunde schriftlich festhalten und auswerten. Die Beschäftigten werden hierüber beraten.

## 10.8.4 Dokumentation

Mit einer Vorsorgebescheinigung teilt der Betriebsarzt oder die Betriebsärztin der Unternehmerin oder dem Unternehmer sowie dem oder der Beschäftigten mit, wann und aus welchem Anlass bzw. aus welchen Anlässen eine arbeitsmedizinische Vorsorge stattgefunden hat und wann die nächste arbeitsmedizinische Vorsorge notwendig ist.

Die Vorsorgebescheinigung enthält keine Angaben zu medizinischen Befunden und Diagnosen oder Aussagen zur gesundheitlichen Bedenklichkeit oder Unbedenklichkeit der Tätigkeit für die jeweilige Person.

Der Unternehmer bzw. die Unternehmerin führt eine Vorsorgekartei. Sie enthält die Angaben, wann und aus welchen Anlässen arbeitsmedizinische Vorsorge stattgefunden hat. Die Beschäftigten erhalten bei Beendigung des Beschäftigungsverhältnisses eine Kopie der sie betreffenden Angaben.

## 10.9 Flusssäurepass und Unfalleitblatt

Eine Möglichkeit, die richtige Behandlung sicherzustellen, besteht in der Verwendung von Flusssäurepässen. Diese sollten im Rahmen der Unterweisung zu Tätigkeiten mit Flusssäure ausgegeben werden. Es wird empfohlen, die regelmäßige Teilnahme an der Unterweisung auf dem Pass zu dokumentieren. Dieser Pass sollte während der Arbeit mit Fluorwasserstoff, Flusssäure oder anorganischen Fluoriden und bis zwei Tage nach Beendigung dieser Arbeit mit sich geführt werden (siehe auch Abschnitt 13.1).

Die Pässe sollten Folgendes enthalten:

- Name des Inhabers
- Zuständiger Unfallversicherungsträger
- Ausstellender Betrieb und Abteilung

- Telefonnummer und Name des Vorgesetzten; Telefonnummer und Name des Betriebsarztes bzw. der werksärztlichen Abteilung
- Angabe, mit welcher Stoffgruppe gearbeitet wird (Fluorwasserstoff, Flusssäure und/oder anorganische Fluoride)
- Giftnotrufnummer
- Das nächste Krankenhaus, das Erfahrung mit solchen Verletzungen hat
- Die Abschnitte 13.1–13.5 und Kapitel 14 dieser Schrift (empfohlen) oder (mindestens) einen Hinweis auf die Giftwirkung durch Fluoridionen und die Notwendigkeit einer umgehenden ärztlichen Behandlung.

Anhang 3 enthält ein Muster dieses Passes. Dieses kann auch im Downloadcenter Prävention der BG RCI unter [downloadcenter.bgrci.de](http://downloadcenter.bgrci.de) heruntergeladen werden.

**Bei Unfällen immer für den Arzt mitgeben:** Unfalleitblatt + Flusssäurepass (+ diese Schrift, wenn die oben genannten Abschnitte des Kapitels „Erste Hilfe“ nicht im Flusssäurepass enthalten sind).

Das Unfalleitblatt ist ein vom Unternehmen vorzubereitender Vordruck, der bei Arbeitsunfällen ausgefüllt werden kann. Es soll der behandelnden Ärztin bzw. dem behandelnden Arzt einen schnellen Überblick über das Unfallgeschehen ermöglichen.

Ein Muster dieses Unfalleitblatts befindet sich im Anhang 1 (Download unter [downloadcenter.bgrci.de](http://downloadcenter.bgrci.de)).

## 11 Personenbezogene Schutzmaßnahmen

Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung ist zu ermitteln, ob persönliche Schutzausrüstungen zur Verfügung zu stellen sind. Das ist der Fall, wenn trotz umfassender technischer und organisatorischer Maßnahmen (12)

- ein zusätzlicher allgemeiner vorbeugender Schutz erforderlich ist, um gelegentlich auftretende Gefährdungen durch Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganischen Fluoriden abzuwenden oder
- ein zusätzlicher gezielter vorbeugender Schutz bei bestimmten Tätigkeiten mit oben genannten Stoffgruppen erforderlich ist.

Das Tragen von belastendem Atemschutz und Vollschutzanzügen darf keine ständige Maßnahme sein. (12)

Zur Verfügung stellen bedeutet, dass persönliche Schutzausrüstungen am Einsatzort funktionsbereit und in einem hygienisch einwandfreien Zustand vorhanden sind. Es dürfen nur solche persönlichen Schutzausrüstungen ausgewählt werden, für die Konformitätserklärungen vorliegen und die durch die CE-Kennzeichnung kenntlich gemacht sind. (43) (28) (36)

Die Beschäftigten haben die persönlichen Schutzausrüstungen (43)

- bestimmungsgemäß zu benutzen,
- regelmäßig auf augenscheinliche Mängel zu prüfen und
- diese dem Unternehmer unverzüglich zu melden.

Persönliche Schutzausrüstungen sind in der Regel für den Gebrauch durch eine Person bestimmt. Erfordern die Umstände das Benutzen durch mehrere Personen, hat der Unternehmer bzw. die Unternehmerin gegebenenfalls dafür zu sorgen, dass die Ausrüstungen vor jedem Wechsel nach Herstellerangaben gereinigt und desinfiziert werden. Das Benutzen persönlicher Schutzausrüstungen durch mehrere Personen kann beispielsweise gegeben sein, bei (28)

- umluftunabhängigen Atemschutzgeräten,
- Chemikalienvollschutzanzügen.

Diese Informationen sowie Hinweise für das An- und Ablegen (Schutz vor Kontaminierung beim Ausziehen der Schutzkleidung) der persönlichen Schutzausrüstungen müssen in einer Betriebsanweisung festgehalten und mindestens einmal jährlich unterwiesen werden.

**Beispiel:** „Ausziehen der Handschuhe: Angezogene Handschuhe vorreinigen. Danach einen Handschuh durch Ziehen an den Fingern von der Hand entfernen. Den zweiten mit der ungeschützten Hand innen an der Stulpe fassen und, mit der Innenseite nach außen, über die Hand abziehen.“

Weitere Informationen zum Thema persönliche Schutzausrüstungen sind in den DGUV Regeln 112-189 bis 112-195, in Veröffentlichungen des Fachbereiches PSA und in den Schriften der Unfallversicherungsträger zu finden. (79–84) (113) (47) (53)

## 11.1 Atemschutz (80)

Besteht die Gefahr des Einatmens von Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganischen Fluoriden in gesundheitsgefährdenden Konzentrationen (d. h. oberhalb des AGW, siehe Kapitel 3), z. B. bei Reparaturarbeiten oder unkontrollierten Betriebszuständen, sind geeignete Atemschutzgeräte zu benutzen. Bei einem Ausbruch von Fluorwasserstoff müssen Gasschutzanzüge verwendet werden.

Bei der Anwendung des Atemschutzes ist die DGUV Regel 112-190 „Benutzung von Atemschutzgeräten“ zu beachten. (80)

Geeignete Atemschutzgeräte sind:

- Isoliergeräte (von der Umgebungsatmosphäre unabhängig wirkende Atemschutzgeräte): Sie müssen verwendet werden bei Konzentrationen an Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganischen Fluoriden über der Anwendungsgrenze von Filtergeräten in der Umgebungsatmosphäre, unklaren Bedingungen und Gasausbrüchen; Isoliergeräte sind z. B. Schlauchgeräte und Pressluftatmer.
- Filtergeräte:
  - Filtergeräte mit Vollmaske,
  - FluchtfILTERgeräte mit Vollmaske oder Haube
  - Gebläsefiltergeräte mit Vollmaske, Helm oder Haube

jeweils mit Gas-, Partikel- oder Kombinationsfiltern (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Auswahl des passenden Filters

Exposition mit:	Filter	Filter-Typ <sup>1</sup>	Kennfarbe
<ul style="list-style-type: none"><li>Flusssäure</li><li>Fluorwasserstoff</li><li>Fluoride bei gleichzeitigem Vorkommen von Fluorwasserstoff</li></ul>	Kombinationsfilter	E-P3 B-P3	gelb-weiß grau-weiß
<ul style="list-style-type: none"><li>Fluoride</li></ul>	Partikelfilter	P3 <sup>2</sup>	weiß

Je länger die Verwendungsdauer, desto höher sollte die Filterklasse der Gasfilter gewählt werden.

Atemschutzgeräte sind außerhalb der gefährdeten Bereiche, jedoch für die Beschäftigten schnell erreichbar, aufzubewahren. Geräte zur Flucht sind ständig mitzuführen oder griffbereit in Reichweite aufzubewahren.

Atemschutzgeräte dürfen nur von unterwiesenen Personen benutzt werden. Für die Benutzung von Atemschutzgeräten sind die Vorschriften der ArbMedVV zu beachten. Gegebenenfalls sind arbeitsmedizinische Vorsorgen zu veranlassen oder anzubieten (weitere Hinweise in Abschnitt 10.8.2). Für die Verwendung von Fluchtgeräten ist keine arbeitsmedizinische Vorsorge vorgesehen. (3) (58)

## 11.2 Augenschutz (82)

Bei Tätigkeiten mit Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganischen Fluoriden ist in Abhängigkeit von der Gefährdung ein ausreichender Augenschutz, gegebenenfalls auch ein Schutz des Gesichts erforderlich.

- Chemikalienschutzbrillen (Korbbrillen) sind bei allen Tätigkeiten zu tragen, bei denen mit einer Gefährdung der Augen zum Beispiel durch verspritzende Flusssäure bis 7 % zu rechnen ist, z. B. beim Um- und Abfüllen, in Laboratorien oder Beseitigen von Störungen.
- Schutzschirme und Visiere bieten einen Schutz der Augen und des Gesichts soweit sichergestellt ist, dass der Gefahrstoff nicht durch den Randbereich, beispielsweise zwischen Brust und Visier/Schutzschirm in den zu schützenden Bereich gelangen kann.
- Vollmasken und Schutzhaube schützen Augen und Gesicht auch gegen seitlichen Zutritt, Dämpfe und Aerosole.

Bei der Materialwahl ist darauf zu achten, dass dieses nicht durch Flusssäure angegriffen wird.

## 11.3 Körperschutz (79)

Zum Schutz des Gesichtes sind Schutzschirme und Vollmasken geeignet.

1 Bei der Auswahl des Filters sind in jedem Fall die Angaben des Filterherstellers zu beachten.

2 Für den Umgang mit bestimmten Fluoriden (z. B. Calciumfluorid) kann die Gefährdungsbeurteilung ergeben, dass eine Halbmaske mit Partikelfilter der Klasse P1 bzw. eine partikelfiltrierende Halbmaske FFP1 ausreicht.



Wird ein Chemikalienschutzanzug Typ 3 (Flüssigkeitsdichte Schutzkleidung) für den begrenzten Mehrfacheinsatz (sogenannte „Einwegkleidung“) verwendet, endet die Verwendung nach der Kontamination mit Gefahrstoffen. Er wird dann nicht gereinigt, sondern entsorgt. Es sollte die Ausführung mit Kapuze gewählt werden. Die Ärmel und Hosenumschlag des Anzugs sollten an die Schutzhandschuhe, das Atemschutzgerät und die Stiefel geklebt werden.

Abbildung 3: Chemikalienschutzanzug, Typ 3



Abbildung 4: Gasdichter Chemikalienschutzanzug, Typ 1c



Ist mit dem Freiwerden größerer Mengen Flusssäure oder Fluorwasserstoffs zu rechnen (z. B. bei Leckagen und Ausbrüchen) sind Chemikalienschutzanzüge folgender Typen notwendig:

- Typ 1a: Gasdichter Chemikalienschutzanzug mit innen liegender umgebungsluftunabhängiger Atemluftversorgung

- Typ 1b: Gasdichter Chemikalienschutzanzug mit Atemluftversorgung von außen
- Typ 1c: Gasdichter Chemikalienschutzanzug mit Atemluftversorgung mit Überdruck

Tragezeitbegrenzungen sind in Verbindung mit dem verwendeten Atemschutzgerät zu beachten.

In Abhängigkeit von dem Ausmaß der möglichen Gefährdung sind zusätzliche Maßnahmen zu ergreifen, z. B. das Tragen von Schürzen, Stiefel und Chemikalienschutzanzüge aus geeigneten Materialien. Aus der Herstellerinformation muss ersichtlich sein, dass diese für Kontamination mit Flusssäure oder Fluorwasserstoff geeignet ist.

Bei Stiefeln ist darauf zu achten, dass keine Schadstoffe von oben in die Stiefel gelangen können. Das ist z. B. durch Tragen einer ausreichend langen Schürze oder Ankleben des Hosenumschlags an die Stiefel sicherzustellen.

## 11.4 Hand- und Hautschutz

Der Schutz der Haut gegenüber Flusssäure ist ausschließlich mit geeigneten Chemikalienschutzhandschuhen sicher zu stellen. Diese sind im Hand- und Hautschutzplan für den jeweiligen Einsatzzweck aufgelistet.

Eine Übersicht über geeignete Handschuhmaterialien zeigt Tabelle 2. Die Handschuhe müssen dicht und porenfrei sein. Völlig ungeeignet sind Leder- und Stoffhandschuhe. Es wird empfohlen, möglichst nur solche Chemikalienschutzhandschuhe zu verwenden, die eine Durchbruchzeit von mehr als 8 Stunden erreichen. Die TRGS 401 merkt dazu an: „Wenn die Durchbruchzeit entsprechend der Norm DIN EN 374 Teil 3 bei 23 °C ermittelt worden ist, so ist die maximale Tragedauer unter Praxisbedingungen (bei 33 °C) auf ein Drittel zu kürzen.“ (115) (15) (100)

Tabelle 2: Durchbruchzeiten – Beständigkeit verschiedener Handschuhmaterialien

Handschuhmaterial	Flusssäure		
	< 10 %	< 40 %	≥ 40 %
Polychloropren – CR (0,5 mm)	≥ 8 h	≥ 8 h	≥ 2 h
Nitrilkautschuk/Nitrilatex – NBR (0,35 mm)	≥ 8 h	≥ 4 h	–
Butylkautschuk – Butyl (0,5 mm)	≥ 8 h	≥ 8 h	≥ 4 h
Fluorkautschuk – FKM (0,4 mm)	≥ 8 h	≥ 8 h	≥ 8 h
Polyvinylchlorid – PVC (0,5 mm)	≥ 8 h	≥ 8 h	–
Naturkautschuk/Naturlatex – NR (0,5 mm)	≥ 8 h	≥ 1 h	–

– : nicht geeignet

Die Zeit, die die Flusssäure benötigt, um die Schutzschicht zu durchdringen, ist die Durchbruchzeit. Die Zeitangaben sind Richtwerte aus Messungen bei 22 °C und dauerhaftem Kontakt. Erhöhte Temperaturen durch erwärmte Substanzen, Körperwärme etc. und eine Verminderung der effektiven Schichtstärke durch Dehnung können zu einer erheblichen Verringerung der Durchbruchzeit führen. Je nach Produkt können die Werte

abweichen – im Zweifelsfall den Hersteller kontaktieren. Bei einer ca. 1,5-fach größeren/kleineren Schichtdicke verdoppelt/halbiert sich die jeweilige Durchbruchzeit. Die Daten gelten nur für den Reinstoff. Bei Übertragung auf Substanzgemische dürfen sie nur als Orientierungshilfe angesehen werden.

Hautschutzmittel dürfen nicht als alleinige Schutzmaßnahme beim Umgang mit Flusssäure verwendet werden, da ein Hautkontakt mit Flusssäure unter allen Umständen verhindert werden muss.

Die Verwendung von Hautschutzmitteln unter flüssigkeitsdichten Handschuhen kann aufgrund nicht nachgewiesener Wirksamkeit derzeit nicht empfohlen werden. Ebenso ist der Nutzen von Hautschutzprodukten „gegen Hauterweichung“ für den Gebrauch unter flüssigkeitsdichten Handschuhen aktuell nicht belegt.

Die gründliche Hautreinigung vor Pausen bzw. nach der Arbeit verhindert ein Verschleppen möglicher Kontaminationen und sollte ebenfalls mit dem im Hand- und Hautschutzplan erwähnten Reinigungsmittel erfolgen. Nach der Händereinigung dient ein Hautpflegeprodukt der optimalen Hautregeneration. Die Haut ist einerseits durch die Tätigkeit im Chemikalienschutzhandschuh längere Zeit Feuchtigkeit ausgesetzt und andererseits ist auch die Hautreinigung mit einer Hautbelastung verbunden (siehe dazu auch Abschnitt 10.8.2.3). In Reinigungsmitteln enthaltene waschaktive Substanzen entfetten die Haut und führen zu trockener Haut.

Die DGUV Information 212-017 „Allgemeine Präventionsleitlinie Hautschutz – Auswahl, Bereitstellung und Benutzung“ und das Merkblatt A 023 „Hand- und Hautschutz“ der BG RCI enthalten ausführliche Angaben zum Schutz und zur Pflege der Haut. (95) (53) (56) (76)

## 12 Notfallprävention

### 12.1 Planung von Notfallmaßnahmen

Betriebsstörungen, Unfälle und Notfälle sind unerwartete Ereignisse und lassen sich auch bei sicherer Technik und sorgfältiger Arbeit nicht völlig ausschließen. Die Ereignisse können externe (Unwetter, Überschwemmung, Brand in benachbartem Betrieb, ) oder interne (Unfall, Sabotage, ) Ursachen haben und zu Folgeproblemen führen.

Die Unternehmerin bzw. der Unternehmer hat Notfallmaßnahmen festzulegen, die beim Eintreten von Betriebsstörungen, Unfällen und Notfällen zur Anwendung kommen. (43)

Zu den Vorbereitungen auf unerwartete Ereignisse gehören:

- Organisation der Ersten Hilfe,
- Bereitstellung von Rettungsgeräten und Transportmitteln,
- Einrichtungen für den Notfall, wie z. B. Augen- und Körpernotduschen,
- Vorhalten von Persönlichen Schutzausrüstungen und gegebenenfalls speziellen Sicherheitseinrichtungen und Arbeitsmitteln für die Rettungskräfte,
- Bereitstellung und Wartung von Feuerlöscheinrichtungen,
- Qualifizierung von Ersthelferinnen und -helfern, sowie Brandschutz- bzw. Evakuierungshelfern und -helferinnen,
- Aufstellung eines Flucht- und Rettungsplans, Aufbau eines (Früh-)Warn- und Alarmierungssystems,
- Festlegung von Verantwortlichkeiten und Kommunikationskanälen für das Eintreten eines Notfalls,
- Vorbereiten von Maßnahmen zum Eindämmen der Schäden.

Es sollten Szenarien zum Auftreten unerwarteter Ereignisse aufgestellt werden. Ein Notfallplan wird aufgestellt, der die wahrscheinlichsten Notfallszenarien beinhaltet.

Es sind in regelmäßigen Abständen Sicherheitsübungen durchzuführen, wie sich die Beschäftigten im Gefahr- oder Katastrophenfall in Sicherheit bringen oder gerettet werden können.

Die Übungen sollten sich nicht nur auf die Prüfung der vorhandenen Sicherheitsmaßnahmen und Schutzausrüstungen beschränken. Der Übungsumfang kann von einer Planübung bis hin zu einer Vollübung reichen.

Die Informationen über die Notfallmaßnahmen müssen auch den Unfall- und Notfalldiensten zur Verfügung stehen. Es ist sinnvoll auch das Zusammenspiel interner und externer Notfallkräfte zu planen und regelmäßig zu trainieren.

Es ist empfehlenswert, neben dem Arbeitsschutzmanagement auch das Notfallmanagement in die betrieblichen Managementsysteme systematisch zu integrieren. (72) (73)

Informationen zur Notfallprävention bieten verschiedene Schriften der Träger der gesetzlichen Unfallversicherung, u. a.:

- DGUV Information 205-001 „Arbeitssicherheit durch vorbeugenden Brandschutz“ (89)
- DGUV Information 205-003 „Brandschutzhelfer – Ausbildung und Befähigung“ (90)
- DGUV Information 208-050 „Notfallmanagement beim Umschlag und innerbetrieblichen Transport von Gefahrgütern und gefährlichen Stoffen“ (92)
- Praxishilfe-Ordner „Gerüstet für den Notfall“ der BG RCI (73)
- Broschüre „Zwischenfall, Notfall, Katastrophe „Leitfaden für die Sicherheits- und Notfallorganisation“ der VBG (112)

## 12.1.1 Vorgaben der Störfallverordnung

Die zwölfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Störfall-Verordnung – 12. BImSchV) legt für genehmigungspflichtige Anlagen, die dieser unterliegen, nach Art und Ausmaß der möglichen Gefahren erforderlichen Vorkehrungen fest, um Störfälle zu verhindern und Auswirkungen von Störfällen so gering wie möglich zu halten. In Abhängigkeit von der Anlagenart sind zusätzliche Bestimmungen zu beachten, wie z. B. Erstellung eines betrieblichen Alarm- und Gefahrenabwehrplans, Erstellung und Fortschreibung einer Sicherheitsanalyse, Benennung eines Beauftragten für die Begrenzung der Auswirkungen von Störfällen.

Die in der Störfall-Verordnung festgelegten Maßnahmen sind an Mengenschwellen gekoppelt, die je nach vorhandenen Stoffkombinationen stark variieren können. Beispielsweise gilt für akut toxische Stoffe der Kategorie 1, wie z. B. Fluorwasserstoff, dass die Unternehmerin bzw. der Unternehmer vor Inbetriebnahme ein schriftliches Konzept zur Verhinderung von Störfällen auszuarbeiten hat, wenn die Höchstmenge, die in einem Betriebsbereich zu irgendeinem Zeitpunkt vorhanden sein kann, 5 t übersteigt.

Ab 20 t ist u. a. ein Sicherheitsbericht zu erstellen und der Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Der Sicherheitsbericht, das Konzept zur Verhinderung von Störfällen und das Sicherheitsmanagementsystem sind alle fünf Jahre zu überprüfen und gegebenenfalls zu aktualisieren. Alle Personen und Einrichtungen mit Publikumsverkehr sind über die Sicherheitsmaßnahmen und das richtige Verhalten im Störfall in einer der speziellen Bedürfnisse der Adressatengruppe zugeschnittenen Weise zu informieren.

Außerdem müssen ab dieser Mengenschwelle Alarm- und Gefahrenabwehrpläne nach § 10 der Störfall-Verordnung erstellt werden. Diese müssen mindestens alle drei Jahre überprüft und erprobt werden. Die Beschäftigten sind mindestens alle drei Jahre dazu zu unterweisen. Es wird empfohlen, vor allem in Großanlagen, halbjährliche Übungen nach dem Alarm- und Gefahrenabwehrplan durchzuführen.

## 12.2 Maßnahmen für den Notfall

### 12.2.1 Erste-Hilfe-Einrichtungen

Der Unternehmer oder die Unternehmerin hat dafür zu sorgen, dass das Erste-Hilfe-Material jederzeit schnell erreichbar und leicht zugänglich in geeigneten Behältnissen, gegen schädigende Einflüsse geschützt, in ausreichender Menge bereit gehalten sowie rechtzeitig ergänzt und erneuert wird.

### 12.2.2 Löscheinrichtungen

Zum Löschen von Bränden sind Feuerlöscheinrichtungen entsprechend der Art und Größe des Betriebes bereitzustellen, regelmäßig zu prüfen und funktionsfähig zu erhalten. Einzelheiten beschreibt die Technische Regel für Arbeitsstätten ASR A2.2 „Maßnahmen gegen Brände“. (8)

Feuerlöscheinrichtungen sind deutlich und dauerhaft zu kennzeichnen, soweit die Feuerlöscheinrichtungen nicht automatisch oder zentral von Hand betätigt werden. Selbsttätige Feuerlöscheinrichtungen, bei deren Einsatz Gefahren für die Beschäftigten auftreten können, müssen mit selbsttätig wirkenden Warneinrichtungen ausgerüstet sein.

Feuerlöscher müssen an gut sichtbaren und im Brandfall leicht zugänglichen Stellen angebracht sein. Eine ausreichende Anzahl von Beschäftigten ist mit der Handhabung von Feuerlöscheinrichtungen vertraut zu machen. Siehe dazu auch DGUV Information 205-023 „Brandschutzhelfer – Ausbildung und Befähigung“. (91)

### 12.2.3 Vorbereiten von Maßnahmen zum Eindämmen von Schäden

Die Ausbreitung von flüssigen Gefahrstoffen sowie das Eindringen in Boden, Kanalisation und Oberflächenwasser ist zu verhindern, z. B. durch Flüssigkeitssperren. In vielen Betrieben hat sich das Bereithalten von transportablen Gullyabdeckungen, verbunden mit einem absoluten Halteverbot über Gullys, bewährt.

Verschüttete und ausgelaufene Flusssäure sowie Lösungen von Hydrogenfluoriden können mit Sodalösung oder aufgeschlämmtem Kalk neutralisiert werden. Auch Glaspulver kann zum Aufnehmen kleinerer Mengen verwendet werden.

### 12.2.4 Wasservorhänge

Wasservorhänge sind eine geeignete Notfallmaßnahme für die Bereiche, in denen größere Leckagen auftreten können, z. B. Be- und Entladestationen. Wasservorhänge können fest installiert sein oder als mobile Geräte eingesetzt werden. Wichtig ist hierbei, dass sie mit dem Sensor der Arbeitsbereichsüberwachung verbunden sind und binnen Sekunden nach Sensoralarm auslösen.

Abbildung 5: Fest installierter Wasservorhang



### 12.2.5 Fluchtwege

Es muss gewährleistet sein, dass sich die Beschäftigten bei Gefahr unverzüglich über Fluchtwege und Notausgänge in Sicherheit bringen und schnell gerettet werden können. Die Anforderungen an Fluchtwege, wie Länge, Breite, Höhe und Anforderungen an Treppen und Türen, sind in der ASR A2.3 „Fluchtwege und Notausgänge, Flucht- und Rettungsplan“ aufgeführt. Zu den Fluchtwegen zählen auch die Rettungswege nach Bauordnungsrecht, sofern diese selbstständig begangen werden können. (9)

Fluchtwege und Notausgänge sind deutlich erkennbar und dauerhaft zu kennzeichnen. Sie sind ständig freizuhalten.

Ein zweiter Fluchtweg wird erforderlich bei z. B. Produktions- oder Lagerräumen mit einer Fläche von mehr als 200 m<sup>2</sup>, bei Geschossen mit einer Grundfläche von mehr als 1.600 m<sup>2</sup> oder aufgrund anderer spezifischer Vorschriften. (41)

### 12.2.6 Flucht- und Rettungsplan

Wenn die Lage, Ausdehnung und Art der Nutzung (z. B. Vorhandensein von Gefährdungen, hohen Anteil an ortsunkundiger Personen) der Arbeitsstätte dies erfordern, muss der Unternehmer bzw. die Unternehmerin einen Flucht- und Rettungsplan aufstellen. Der Flucht- und Rettungsplan ist an geeigneter Stelle in der Arbeitsstätte bekannt zu machen. Dadurch soll sichergestellt sein, dass sich die Beschäftigten bei unmittelbarer erheblicher Gefahr durch sofortiges Verlassen der Arbeitsplätze in Sicherheit bringen können.

Details enthält die ASR A2.3 „Fluchtwege und Notausgänge, Flucht- und Rettungsplan“. (9)

### 12.2.7 (Früh-)Warnsystem und Alarmierung

Ein Warnsystem ist sinnvoll, um das Auftreten einer erhöhten Gefährdung frühzeitig anzuzeigen. Dazu eignen sich z. B. Gaswarngeräte, Rauchmelder.

Alarmierung kann z. B. geschehen über das betriebseigene Telefonnetz und die Rundsprechanlage, Sirenen, über ortsfeste Gasmeldeeinrichtungen oder über die Betriebsfeuermelder. Je nach Szenario kann ein unabhängiges Kommunikationssystem notwendig sein.

Wie, von wem und an wen die Meldung abzufassen ist, muss vorher genau festgelegt werden, um Missverständnisse zu vermeiden.

## 12.2.8 Ausrüstung für Notfälle

Persönliche Schutzausrüstungen, erforderliche spezielle Sicherheitseinrichtungen und Arbeitsmittel sind bereitzustellen, z. B. mit von der Umgebungsatmosphäre unabhängig wirkenden Atemschutzgeräten, Chemikalienschutzanzug.

Sicherheitseinrichtungen und Arbeitsmittel, die für den Notfall vorgehalten werden können, sind z. B. Messgeräte, Pumpen, Hebezeuge.

## 12.2.9 Notduschen

Es müssen Einrichtungen vorhanden sein, die es ermöglichen, bei Haut- und Augenkontakt die benetzten Stellen sofort mit reichlich fließendem Wasser zu spülen. Vorzugsweise sind mit Trinkwasser gespeiste Notduschen, insbesondere Augennotduschen, vorzusehen. Augenspülflaschen sind als Notbehelf anzusehen und daher nur in Ausnahmefällen als Alternative zulässig. (109)

Notduschen sind dort vorzusehen, wo die Gefahr des Austretens großer Mengen reizender oder ätzender Stoffe bzw. die Gefahr großflächiger Verätzungen besteht, z. B. an Abfüllstellen in Tanklagern.

Körpertnotduschen und Augennotduschen sind regelmäßig, mindestens monatlich, auf ihre Funktion zu prüfen und dabei gründlich zu spülen, um eine Verkeimung zu verhindern. Bei Augenspülflaschen ist auf das Verfallsdatum zu achten; bei Verwendung von Trinkwasser ist ein regelmäßiger Austausch vorzusehen.

## 12.2.10 Verhalten bei Betriebsstörungen, Unfällen und Notfällen

Bei Betriebsstörungen, Unfällen und Notfällen soll unverzüglich Folgendes geschehen:

- Warnung der betroffenen Beschäftigten.
- Gefährdeten Betriebsbereich räumen und absperren. Unbeteiligte Personen fernhalten. Beim Verlassen des Gefahrenbereiches möglichst Atemschutzgeräte z. B. Selbstretter (FluchtfILTERgeräte) verwenden. Quer zur Windrichtung flüchten.
- Alarmierung der Feuerwehr und Rettungskräfte.
- Verletzte aus dem Gefahrenbereich bringen (auf Selbstschutz achten).
- Beschäftigte in der Umgebung warnen,
- Versuchen, das Ausströmen von Fluorwasserstoff zu unterbinden,
- Einsatz von Wasservorhang zum Niederschlagen gasförmigen Fluorwasserstoffs,
- Für bessere Durchlüftung sorgen, wenn dies nicht zu einer Erhöhung der Gefährdung führt.

Weitere Notfallmaßnahmen zur Minderung der Ereignisse und Wiederherstellung der normalen Betriebssituation sind zu ergreifen.

Es dürfen nur diejenigen Beschäftigten im betroffenen Bereich bleiben, deren Anwesenheit für in diesem Zusammenhang notwendige Tätigkeiten unbedingt erforderlich sind. Der Gefahrenbereich darf nur mit geeigneten persönlichen Schutzausrüstungen betreten werden (z. B. mit von der Umgebungsluft unabhängig wirkenden Atemschutzgeräten, Gasschutzanzug). Ungeschützte Beschäftigte dürfen nicht im betroffenen Bereich verbleiben.

Anlagen sind gemäß den Notabstellvorschriften in einen sicheren Zustand zu fahren.

Im Brandfall ist der Brandherd stets in Windrichtung zu bekämpfen.

Vor Aufhebung der Absperrung ist sicherzustellen, dass die Grenzwerte unterschritten werden (siehe Kapitel 3). Gegebenenfalls sind Messungen durchzuführen. Siehe auch Abschnitt 13.1.

## 13 Erste Hilfe

Alle Personen, die Tätigkeiten mit Fluorwasserstoff, Flusssäure oder anorganischen Fluoriden ausüben, müssen über spezielle Erste-Hilfe-Maßnahmen unterrichtet sein und über das Verhalten bei Arbeitsunfällen unterwiesen werden. Dabei ist insbesondere auf die Dringlichkeit sofortigen Handelns hinzuweisen.

Der von der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) herausgegebene Aushang „Erste Hilfe“ ist entsprechend dem jeweiligen Gefährdungsgrad an geeigneten Stellen auszuhängen. (87)

Über jede Erste-Hilfe-Leistung sind Aufzeichnungen zu führen, z. B. elektronisch oder in einem Verbandbuch. Die Aufzeichnungen sind fünf Jahre lang aufzubewahren und vertraulich unter Beachtung des Bundesdatenschutzgesetzes zu behandeln.

Bei Verdacht auf eine Gesundheitsschädigung durch Fluorwasserstoff, Flusssäure oder anorganische Fluoride muss der Betroffene den Gefahrenbereich verlassen bzw. aus dem Gefahrenbereich gebracht werden. Die Helferinnen und Helfer haben sich dabei vor Kontakt mit Fluorwasserstoff, Flusssäure oder anorganischen Fluoriden zu schützen (Atemschutz, Schutzhandschuhe usw.).

Ärztliche Hilfe ist unverzüglich zu veranlassen. Dem Arzt bzw. der Ärztin sind die Schädigung durch Flusssäure und die bereits durchgeführten Erste-Hilfe-Maßnahmen anzugeben. Während des Transportes sind die jeweils angegebenen Maßnahmen fortzuführen.

Um wirksame Hilfe leisten zu können, ist unter Überlassen dieser Schrift ein Notfallplan in Absprache zwischen Betrieb, Betriebsarzt bzw. -ärztin, Krankenhaus und Rettungsdienst erforderlich. Wegen des in Krankenhäusern üblichen Personalwechsels ist diese Absprache von Zeit zu Zeit zu wiederholen. Es sollten Informationsschreiben (Unfallleitblatt, Flusssäurepass – siehe dazu Abschnitt 10.9) vorbereitet werden, die der verletzten Person oder deren Begleitung mitgegeben werden. Neben dem Unfallhergang (Konzentration und Temperatur der Flusssäure, Dauer der Einwirkung, usw.) und Art der bereits getroffenen Maßnahmen der Ersten Hilfe sollten in diesen Schreiben betriebliche Ansprechpersonen genannt werden.

Erste-Hilfe-Maßnahmen, die Gegenstand der Erste-Hilfe-Ausbildung sind, wie „Stabile Seitenlage“, „Herzdruckmassage, Beatmung, Wiederbelebung“, „Schockbekämpfung“ werden in dieser Schrift nicht angesprochen. (88)

Bei besonderen betrieblichen Gefährdungen, z. B. infolge Einwirkens von Fluorwasserstoff, Flusssäure oder anorganischen Fluoriden, können zusätzliche Maßnahmen und Mittel der Ersten Hilfe notwendig sein. Diese Maßnahmen verlangen von den Ersthelferinnen und Ersthelfern bestimmte Kenntnisse und Fähigkeiten, die in der Aus- und Fortbildung nicht vermittelt werden. Die Weiterbildung geeigneter Ersthelfer und Ersthelferinnen erfolgt insbesondere durch die Betriebsärztin bzw. den Betriebsarzt entsprechend der im Einzelnen vorhandenen Stoffe.



## 13.1 Allgemeine Maßnahmen

- Wer mit Flusssäure arbeitet und auf der Kleidung oder Haut Flüssigkeit bemerkt, soll sich so verhalten, als sei diese Flüssigkeit Flusssäure (Prüfung mit pH-Papier).
- Auch bei scheinbar geringfügiger Benetzung mit Flusssäure ist immer eine ärztliche Untersuchung erforderlich.
- Bei Unfällen mit Fluorwasserstoff oder Flusssäure muss immer sofort geprüft werden, ob auch eine Einatmung der Noxe erfolgt sein kann. Dies gilt insbesondere, wenn Körpervorderseite oder Gesicht von dem Unfall betroffen sind.
- Bei stärkerer Einwirkung (starker Hustenreiz, mehr als handtellergroße Hautverätzungen, Verschlucken von löslichen Fluoriden oder flusssäurehaltigen Lösungen) müssen ärztliche/notärztliche Hilfemaßnahmen erfolgen (siehe Kapitel 14 „Hinweise für die ärztliche Behandlung“).
- Treten verspätet, z. B. nach Arbeitsende oder nachts zu Hause, Beschwerden auf, die im Zusammenhang mit der vorangegangenen Arbeit mit Flusssäure stehen können, z. B. verstärkter Hustenreiz oder auf eine Verätzung hinweisende Schmerzen oder Hautveränderungen, so ist unverzüglich das nächstgelegene Krankenhaus aufzusuchen und auf diese Schrift hinzuweisen (siehe dazu auch Abschnitt 10.9).

*Anmerkung:* Beschwerden können auch noch nach einem symptomfreien Intervall (Latenzzeit von 1–2 Tagen) auftreten!

## 13.2 Augen

- Augen unter Schutz des unverletzten Auges sofort ausgiebig bei geöffneten Augenlidern mit Wasser spülen.
- Steriler Schutzverband.
- Augenärztliche Behandlung.

## 13.3 Atmungsorgane

- Verletzten unter Selbstschutz aus dem Gefahrenbereich retten. Achtung: auch bei subjektiver Beschwerdefreiheit sollte der Verletzte nicht selbst gehen, sondern – wenn möglich – getragen oder gefahren werden; Lagerung mit erhöhtem Oberkörper.
- Bei Atemstillstand künstliche Beatmung nach Möglichkeit mit einer Atemhilfe (z. B. Beatmungsbeutel), auf jeden Fall Einatmen von Fluorwasserstoff vermeiden (Selbstschutz).
- Unmittelbar nach dem Unfall, auch bei fehlenden Krankheitszeichen, ein inhalatives Steroid (Dosieraerosol) einatmen lassen: Dosierung, Art der Anwendung und weitere Behandlung nach **betriebsärztlicher Anordnung**.
- Bei Atemnot Sauerstoff inhalieren lassen.
- Für Körperruhe sorgen, vor Wärmeverlust schützen.
- Ärztliche Behandlung.

## 13.4 Haut

- Sofortiges Handeln ist vordringlich und kann lebensrettend sein.
- Verunreinigte Kleidung, auch Unterwäsche und Schuhe, sofort ausziehen, auf Selbstschutz achten.
- Haut und ggf. Schleimhäute (Nase bzw. Mundhöhle) mit viel Wasser spülen.
- Zur Behandlung von Flusssäureverätzungen der Haut haben sich folgende Maßnahmen bewährt:
  - Calciumgluconatgel:  
Nach gründlichem Abwaschen mit Wasser wird auf die betroffene Haut Calciumgluconatgel aufgetragen und bis zum Schwinden des Schmerzes vorsichtig in die Haut einmassiert. Zwischendurch sollte der Calciumgluconatbrei mit Wasser abgespült werden und durch neues Calciumgluconatgel ersetzt werden. Nach Schmerzfreiheit das Einreiben mit dem Gel weitere 15 Minuten fortsetzen.  
Für die Herstellung von Calciumgluconatgel liegt in jeder Apotheke eine Rezeptur vor. Diese ist in der von der Bundesvereinigung Deutscher Apothekerverbände (ABDA) herausgegebenen Formelsammlung (aktuelle Fassung beachten) enthalten: (119)

**Neues Rezeptur-Formularium:**  
Hydrophiles Calciumgluconat-Gel 2,5 %  
mit Chlorhexidindigluconat 0,5 % (NRF 19.6)  
(2 Jahre haltbar)

- Falls Calciumgluconatgel nicht vorhanden:  
Nach Abspülen der Haut Auflegen eines nassen Umschlages mit 10%iger Calciumgluconatlösung. 50 ml Lösung genügen für eine 15 cm x 15 cm große Kompresse. Sterile „Calciumgluconat-Lösung 10%ig“ steht als Fertigarzneimittel in Brechampullen zu 10 ml zur Verfügung (mit Calciumgluconat/-lactobionat oder Calciumgluconat/-saccharat; jeweils entsprechend 0,23 mmol/ml  $\text{Ca}^{2+}$  und äquivalent zu Calciumgluconat-Monohydrat 10%ig; zugelassen zur intravenösen und tief intramuskulären Anwendung bei Hypokalzämie). Die Haltbarkeit dieser Fertigarzneimittel bis zum Anbruch beträgt drei Jahre.
- Bei großflächigen Verätzungen:  
Die vollständige Entfernung der Kleidung sollte unter viel fließendem Wasser erfolgen. Nach Möglichkeit eine Notdusche der Klasse III nach DIN 12899-3:2009-04 mit einem Wasservolumenstrom von mehr als 100 l/min benutzen. Helferinnen und Helfer müssen an den Eigenschutz denken (flusssäurebeständige Schutzhandschuhe – siehe Abschnitt 11.4). Nach gründlichem Abspülen der Haut Anwendung der Calciumgluconat-Kompressen. (98)
- Für Körperruhe sorgen, vor Wärmeverlust schützen.
- Bei jeder Flusssäureverätzung ist ein Arzt aufzusuchen.

## 13.5 Verschlucken

- Sofortiges kräftiges Ausspülen des Mundes.
- Wenn möglich, den Inhalt von 1–4 Trinkampullen „frubiase® calcium T<sup>3</sup>) (je nach Menge der verschluckten Flusssäure) in kleinen Schlucken trinken lassen.
- Für Körperruhe sorgen, vor Wärmeverlust schützen.
- Ärztliche Behandlung.

## 14 Hinweise für die ärztliche Behandlung

Schädigungen durch Flusssäure bedürfen einer besonderen Behandlung, die in diesem Abschnitt umrissen wird.

Fluoridionen haben die Eigenschaft, körpereigenes Calcium und Magnesium zu binden. Patienten mit erheblicher Fluoraufnahme (siehe auch: Einatmen, Verschlucken, Haut) sind wegen des Verlustes von intrazellulärem Calcium und Magnesium vital gefährdet, **cave: Kammerflimmern!** Bei Verdacht auf eine systemische Einwirkung ist dringend eine intensivmedizinische Überwachung und Therapie erforderlich. Dies gilt auch bei zunächst asymptomatischen Patienten. Die sofortige systemische Substitution von Calcium und Magnesium empfiehlt sich auch bei lediglichem Verdacht auf systemische Wirkung.

Nach den heute vorliegenden Erfahrungen kann, über das in den vorherigen Abschnitten Gesagte hinaus, folgende Behandlung von Flusssäureverätzungen empfohlen werden:

### • Einatmen

- Intravenöse Gabe von Calcium und Magnesium (z. B. als Magnesiumchlorid und Calciumchlorid in entsprechenden Elektrolyt-Infusionslösungen) unter Kontrolle des Serum-Calcium- und Magnesium-Spiegels sowie EKG-Überwachung.
- Bei Hinweisen auf die Entstehung eines Lungenödems können klinische Überwachung, Röntgenthoraxkontrollen, Vitalographie, Beatmung und die Gabe von Sauerstoff, Glucocorticoiden, Bronchodilatoren, Antitussiva, Sedativa, Herzglykosiden und Antibiotika (Pneumonieprophylaxe) sinnvoll sein.
- Zusätzlich wird die Inhalation einer 2,5–3%igen Calciumgluconatlösung in physiologischer Kochsalzlösung über einen Vernebler empfohlen.
- Intensivmedizinische Beobachtung über 24 bis 48 Stunden und – falls erforderlich – Behandlung.

### • Verschlucken

- Vorsichtige endoskopische Untersuchung und schnellstmögliche Magenentleerung.
- Magenspülung mit 1 %iger Calciumgluconatlösung.
- Anschließend 40 g Calciumgluconat instillieren und belassen.
- Intensivmedizinische Beobachtung und eventuell Behandlung.

### • Haut

- Insbesondere bei frontaler Einwirkung ist immer auch mit einer möglichen Einatmung zu rechnen und entsprechend zu handeln.
- In vielen Fällen lokaler Einwirkung geringen Ausmaßes, d. h. bei Vorliegen einer nur oberflächlichen Reizung bzw. Rötung der Haut, genügt das Fortführen des in Abschnitt 13.4 geschilderten Einreibens mit Calciumgluconat-Gel. Anschließend Auftragen einer Glucocorticoid-Salbe.
- Bei Eindringen der Flusssäure unter den Fingernagel: Fingernagelextraktion.
- Bei Vorliegen stärkerer lokaler Einwirkungen (zweitgradige oder drittgradige Verätzungen) haben sich die folgenden drei Methoden zur Behandlung von Flusssäureverätzungen bewährt:

#### 1. Methode

Bei zweit- und drittgradigen Verätzungen sollte das verätzte Hautareal mit Calciumgluconat 10%ig bis zur Schmerzfreiheit unterspritzt werden mit Polsterbildung (für ein Areal von etwa 6 cm Durchmesser benötigt man 1 Ampulle Calciumgluconat = 10 ml).

#### 2. Methode

Bei bestehenden Hautnekrosen (Verätzungsgrad 2b und 3) und bei vitaler Bedrohung durch großflächige Verätzungen sollte die energische, primäre dermatochirurgische Wundrevision mit sauberer Entfernung aller schon nekrotisch und irreversibel geschädigt erscheinenden Hautpartien mit primärer Hauttransplantation erfolgen. Als Erstbehandlung muss hier auch die Unterspritzung (1. Methode) durchgeführt werden. Bei ausgedehnten Verätzungen müssen Calcium und Magnesium substituiert werden. Ab einer etwa handtellergroßen drittgradigen Verätzung empfiehlt sich die Gabe von Calcium und Magnesium (z. B. als Calciumchlorid und Magnesiumchlorid in entsprechenden Elektrolyt-

Infusionslösungen) unter Kontrolle des Serum-Calcium- und Magnesium-Spiegels sowie EKG-Überwachung. Diese vital gefährdeten Patienten sind intensivmedizinisch zu überwachen.

### **3. Methode**

Bei Vorliegen von zweit- und drittgradigen Verätzungen im Hand- und Fußbereich: intraarterielle Calciumgluconatgabe in die proximal der Läsion gelegene Arterie.

*Vorgehen:* Punktion der zentral gelegenen Arterie, Einbringen eines arteriellen Katheters, intraarterielle Perfusion von 20 ml Calciumgluconat 10%ig und 30 ml NaCl 0,9%ig über 4 Stunden sowie Thromboseprophylaxe. Beim Auftreten von erneuten Schmerzen kann eine zweite Injektionsbehandlung notwendig werden. Die intraarterielle Calciumgluconatperfusion ist nur nach kritischer Indikationsstellung vorzunehmen. Sie sollte ausschließlich in Kliniken von Ärztinnen und Ärzten mit Erfahrung in intraarterieller Injektionstechnik durchgeführt werden.

## Anhang 1 Unfalleitblatt

Unfalleitblatt (Firma: .....)

**Unfall mit Flusssäure**

Betriebs-/Laborleitung: ..... Tel.: .....

Ansprechperson vor Ort: ..... Tel.: .....

**Telefonische Benachrichtigung bei Notfall:**

Bevorzugtes Krankenhaus: ..... Tel.: .....

Zufahrt (Wegbeschreibung): .....

Anschrift: .....

Giftnotruf-Zentrale: ..... Tel.: .....

Uhrzeit: ..... Datum: .....

**Verletzte/r:**

Frau/Herr: ..... geb.: .....

Einwirkzeit: ca. .... Minuten

Konzentration der Flusssäure: .... %

Temperatur der Flusssäure: ..... °C

Sonstiges: .....

.....

.....

**Lokalisation und Größe der Verletzung:** .....

.....

.....

**Erste-Hilfe-Maßnahmen vor Ort:** .....

.....

.....

**Unterschrift:** .....

**Flusssäurepass oder andere Stoffinformationen mitgeben**

Download unter [downloadcenter.bgrci.de](http://downloadcenter.bgrci.de)

## Anhang 2 Beispiele für Etiketten

  <p><b>Gefahr</b></p>	<p><b>Fluorwasserstoff</b>                  (Index-Nr. 009-002-00-6)</p> <p>H 300      Lebensgefahr bei Verschlucken.</p> <p>H 310      Lebensgefahr bei Hautkontakt.</p> <p>H 330      Lebensgefahr bei Einatmen.</p> <p>H 314      Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.</p> <hr/> <p>P 260      Nebel/Dampf/Aerosol nicht einatmen.</p> <p>P 262      Nicht in die Augen, auf die Haut oder auf die Kleidung gelangen lassen.</p> <p>P 280      Schutzhandschuhe, Schutzkleidung und Augenschutz bzw. Gesichtsschutz tragen.</p> <p>P 303 +                  P 361 +                  P 353:      <b>Bei Berührung mit der Haut</b> (oder dem Haar): Alle kontaminierten Kleidungsstücke sofort ausziehen. Haut mit Wasser abwaschen/duschen.</p> <p>P 310      Sofort <b>Giftinformationszentrum</b> oder Arzt anrufen.</p> <p>P 320      Gezielte Behandlung dringend erforderlich (siehe Zusatzinformationen auf diesem Kennzeichnungsetikett).</p>
<p>Moissan-Werke                  An der Flusssäure 1                  00000 Fluorid                  Tel. 000/123456</p>	<p style="text-align: right;">1  </p>

## Anhang 3 Flusssäurepass

### FLUSSSÄUREPASS

Der Inhaber dieses Passes ist bei/an

..... mit

- Fluorwasserstoff
- Flusssäure
- anorganischen Fluoriden

beschäftigt.

Name: .....

Abteilung: .....

Ansprechperson: .....

Tel.: .....

Bevorzugtes Krankenhaus:

.....

.....

.....

Gift-Notruf: .....

Betriebsärztin/-arzt: .....

Download unter [downloadcenter.bgrci.de](http://downloadcenter.bgrci.de)

---

## 1. Verhalten bei Exposition

Fluorwasserstoff, Flusssäure und Hydrogenfluoride wirken lokal ätzend. Sie durchdringen rasch die Haut, zerstören tiefere Gewebeschichten und können auch resorptiv durch chemische Bindung an Calcium- und Magnesiumionen und Hemmung lebenswichtiger Enzyme zu akut bedrohlichen Stoffwechselstörungen oder Störungen der Leber-, Nieren-, Herz- und Lungenfunktion führen.

Bei Verdacht auf eine Gesundheitsschädigung durch Fluorwasserstoff, Flusssäure oder anorganische Fluoride muss der Betroffene den Gefahrenbereich verlassen bzw. aus dem Gefahrenbereich gebracht werden. Die Helfenden haben sich dabei vor Kontakt mit Fluorwasserstoff, Flusssäure oder anorganischen Fluoriden zu schützen (Atemschutz, Schutzhandschuhe usw.).

Ärztliche Hilfe ist unverzüglich zu veranlassen. Der Ärztin bzw. dem Arzt sind die Schädigung durch Flusssäure und die bereits durchgeführten Erste-Hilfe-Maßnahmen anzugeben. Während des Transportes sind die jeweils angegebenen Maßnahmen fortzuführen.

**Anmerkung:** Beschwerden können auch noch nach einem symptomfreien Intervall (Latenzzeit von 1–2 Tagen) auftreten!

### 1.1 Allgemeine Maßnahmen

- Wer mit Flusssäure arbeitet und auf der Kleidung oder Haut Flüssigkeit bemerkt, soll sich so verhalten, als sei diese Flüssigkeit Flusssäure (Prüfung mit pH-Papier).
- Auch bei scheinbar geringfügigen Verätzungen durch Flusssäure ist immer eine ärztliche Untersuchung erforderlich.
- Bei Unfällen mit Fluorwasserstoff oder Flusssäure ist immer sofort zu prüfen, ob eine Einatmung der Noxe erfolgt sein kann, insbesondere, wenn das Gesicht oder die Körpervorderseite betroffen sind.
- Bei stärkerer Einwirkung (starker Hustenreiz, mehr als handtellergroße Hautverätzungen, Verschlucken von löslichen Fluoriden oder flusssäurehaltigen Lösungen) müssen ärztliche/notärztliche Hilfemaßnahmen erfolgen (siehe Abschnitt „Hinweise für die ärztliche Behandlung“).
- Treten verspätet, z. B. nach Arbeitsende oder nachts zu Hause Beschwerden auf, die im Zusammenhang mit Flusssäure stehen könnten (z. B. verstärkter Hustenreiz, Hautveränderungen oder auf eine Verätzung hinweisende Schmerzen) unverzüglich die nächstgelegene Klinik aufsuchen und auf diesen Pass hinweisen.

### 1.2 Augen

- Augen unter Schutz des unverletzten Auges sofort bei geöffneten Augenlidern ausgiebig mit Wasser spülen.
- Steriler Schutzverband.
- Augenärztliche Behandlung.



## 1.3 Atmungsorgane

- Verletzten unter Selbstschutz aus dem Gefahrenbereich bringen. Auch bei subjektiver Beschwerdefreiheit sollte der Verletzte nicht selbst gehen, sondern möglichst getragen oder gefahren werden, Lagerung mit erhöhtem Oberkörper.
- Bei Atemstillstand künstliche Beatmung nach Möglichkeit mit einer Atemhilfe (z. B. Beatmungsbeutel), auf jeden Fall Einatmen von Fluorwasserstoff vermeiden (Selbstschutz).
- Unmittelbar nach dem Unfall, auch bei fehlenden Krankheitszeichen, ein inhalatives Steroid (Dosieraerosol) einatmen lassen: Dosierung, Art der Anwendung und weitere Behandlung nach **betriebsärztlicher Anordnung**.
- Bei Atemnot Sauerstoff inhalieren lassen.
- Für Körperruhe sorgen, vor Wärmeverlust schützen.
- Ärztliche Behandlung.

## 1.4 Haut

- Sofortiges Handeln ist vordringlich und kann lebensrettend sein.
- Verunreinigte Kleidung, auch Unterwäsche und Schuhe, sofort ausziehen, auf Selbstschutz achten.
- Haut und ggf. Schleimhäute (Nase bzw. Mundhöhle) mit viel Wasser spülen.
- Zur Behandlung von Flusssäureverätzungen der Haut haben sich folgende Maßnahmen bewährt:
  - Calciumgluconatgel:  
Nach gründlichem Abwaschen mit Wasser wird auf die betroffene Haut Calciumgluconatgel aufgetragen und bis zum Schwinden des Schmerzes in die Haut einmassiert. Zwischendurch sollte der Calciumgluconatbrei mit Wasser abgespült werden und durch neues Calciumgluconatgel ersetzt werden. Nach Schmerzfreiheit Fortsetzen der Massage mit dem Gel für weitere 15 Minuten.
  - Falls Calciumgluconatgel nicht vorhanden:  
Nach Abspülen der Haut Auflegen eines nassen Umschlages mit 10%iger Calciumgluconatlösung. 50 ml genügen für eine 15 cm x 15 cm Kompresse. Sterile „Calciumgluconat-Lösung 10%ig“ steht als Fertigarzneimittel in Brechampullen zu 10 ml zur Verfügung (mit Calciumgluconat/-lactobionat oder Calciumgluconat/-saccharat; jeweils entsprechend 0,23 mmol/ml  $\text{Ca}^{2+}$  und äquivalent zu Calciumgluconat-Monohydrat 10%ig; zugelassen zur intravenösen und tief intramuskulären Anwendung bei Hypokalzämie).
  - Bei großflächigen Verätzungen:  
Die vollständige Entfernung der Kleidung sollte unter viel fließendem Wasser erfolgen. Nach Möglichkeit eine Notdusche der Klasse III nach DIN 12899-3:2009-04 mit einem Wasservolumenstrom von mehr als 100 l/min benutzen. Helfende müssen an den Eigenschutz denken (flusssäurebeständige Schutzhandschuhe). Nach gründlichem Abspülen der Haut Anwendung der Calciumgluconat-Kompressen.
- Für Körperruhe sorgen, vor Wärmeverlust schützen.
- Ärztliche Behandlung.

## 1.5 Verschlucken

- Sofortiges kräftiges Ausspülen des Mundes.
- Wenn möglich, den Inhalt von 1–4 Trinkampullen „frubiase® calcium T“ (je nach Menge der verschluckten Flusssäure) in kleinen Schlucken trinken lassen.
- Für Körperruhe sorgen, vor Wärmeverlust schützen.
- Ärztliche Behandlung

## 2 Hinweise für die ärztliche Behandlung

Fluoridionen haben die Eigenschaft, körpereigenes Calcium und Magnesium zu binden. Patienten mit erheblicher Fluoraufnahme (siehe auch: Einatmen, Verschlucken, Haut) sind wegen des Verlustes von intrazellulärem Calcium und Magnesium vital gefährdet, **cave: Kammerflimmern**. Bei Verdacht auf eine systemische Einwirkung ist dringend eine intensivmedizinische Überwachung und Therapie erforderlich. Dies gilt auch bei zunächst asymptomatischen Patienten. Die sofortige systemische Substitution von Calcium und Magnesium empfiehlt sich auch bei lediglichem Verdacht auf systemische Wirkung. Nach den heute vorliegenden Erfahrungen kann, über das in Abschnitt 1 Angeführte hinaus, folgende Behandlung von Flusssäureverätzungen empfohlen werden:

- **Einatmen**
  - Intravenöse Gabe von Calcium und Magnesium (z. B. als Magnesiumchlorid und Calciumchlorid in entsprechenden Elektrolyt-Infusionslösungen) unter Kontrolle des Serum-Calcium- und Magnesium-Spiegels sowie EKG-Überwachung.
  - Bei Hinweisen auf die Entstehung eines Lungenödems können klinische Überwachung, Röntgenthoraxkontrollen, Vitalographie, Beatmung und die Gabe von Sauerstoff, Glucocorticoiden, Bronchodilatoren, Antitussiva, Sedativa, Herzglykosiden und Antibiotika (Pneumonieprophylaxe) sinnvoll sein.
  - Zusätzlich wird die Inhalation einer 2,5–3 %igen Calciumgluconatlösung in physiologischer Kochsalzlösung über einen Vernebler empfohlen.
  - Intensivmedizinische Beobachtung über 24 bis 48 Stunden und – falls erforderlich – Behandlung.
- **Verschlucken**
  - Vorsichtige endoskopische Untersuchung und schnellstmögliche Magenentleerung.
  - Magenspülung mit 1%iger Calciumgluconatlösung.
  - Anschließend 40 g Calciumgluconat instillieren und belassen.
  - Intensivmedizinische Beobachtung und eventuell Behandlung.
- **Haut**
  - Insbesondere bei frontaler Einwirkung ist immer auch mit einer möglichen Einatmung zu rechnen und entsprechend zu handeln.
  - In vielen Fällen lokaler Einwirkung geringen Ausmaßes, d. h. bei Vorliegen einer nur oberflächlichen Reizung bzw. Rötung der Haut, genügt das Fortführen des in Abschnitt 1.4 geschilderten Einreibens mit Calciumgluconat-Gel. Anschließend Auftragen einer Glucocorticoid-Salbe.
  - Bei Eindringen der Flusssäure unter den Fingernagel: Fingernagelextraktion.
  - Bei Vorliegen stärkerer lokaler Einwirkungen (zweitgradige oder drittgradige Verätzungen) haben sich die folgenden 3 Methoden bewährt:
    - 1.

### 1. Methode

Bei zweit- und drittgradigen Verätzungen sollte das verätzte Hautareal mit Calciumgluconat 10 %ig bis zur Schmerzfremheit unterspritzt werden mit Polsterbildung (für ein Areal von etwa 6 cm Durchmesser benötigt man 1 Ampulle Calciumgluconat = 10 ml.

### 2. Methode

Bei bestehenden Hautnekrosen (Verätzungsgrad 2b und 3) und bei vitaler Bedrohung durch großflächige Verätzungen sollte die energische, primäre dermatochirurgische Wundrevision mit sauberer Entfernung aller schon nekrotisch und irreversibel geschädigter Hautpartien mit primärer Hauttransplantation erfolgen. Als Erstbehandlung muss hier auch die Unterspritzung (1. Methode) durchgeführt werden. Bei ausgedehnten Verätzungen muss Calcium und Magnesium substituiert werden. Ab einer etwa handtellergroßen drittgradigen Verätzung empfiehlt sich die Gabe von Calcium und Magnesium (z. B. als Calciumchlorid und Magnesiumchlorid in entsprechenden Elektrolyt-Infusionslösungen) unter Kontrolle des Serum-Calcium- und Magnesium-Spiegels sowie EKG-Überwachung. Diese vital gefährdeten Patienten sind intensivmedizinisch zu überwachen.

### 3. Methode

Bei Vorliegen von zweit- und drittgradigen Verätzungen im Hand- und Fußbereich: intraarterielle Calciumgluconatgabe in die zentral der Läsion gelegene Arterie.

**Vorgehen:** Punktion der zentral gelegenen Arterie, Einbringen eines arteriellen Katheters, intraarterielle Perfusion von 20 ml Calciumgluconat 10%ig und 30 ml NaCl 0,9 % über 4 Stunden, Thromboseprophylaxe. Beim Auftreten von erneuten Schmerzen kann eine zweite Injektionsbehandlung notwendig werden. Die intraarterielle Calciumgluconatperfusion ist nur nach kritischer Indikationsstellung vorzunehmen. Sie sollte ausschließlich in Kliniken von Ärzten und Ärztinnen mit Erfahrungen in intraarterieller Injektionstechnik durchgeführt werden.

Die Inhaberin/der Inhaber des Passes hat an der allgemeinen Unterweisung zum Umgang mit Flusssäure teilgenommen. Diese ersetzt nicht die regelmäßige arbeitsplatzbezogene Unterweisung.

---

Datum

Unterschrift

## Literaturverzeichnis

**Verbindliche Rechtsnormen** sind Gesetze, Verordnungen und der Normtext von Unfallverhütungsvorschriften. Abweichungen sind nur mit einer Genehmigung der zuständigen Behörde bzw. des zuständigen Unfallversicherungsträgers (z. B. Berufsgenossenschaft) erlaubt. Voraussetzung für die Erteilung einer Ausnahmegenehmigung ist, dass die Ersatzmaßnahme ein mindestens ebenso hohes Sicherheitsniveau gewährleistet.

Von Technischen Regeln zu Verordnungen, Durchführungsanweisungen von Unfallverhütungsvorschriften (DGUV Vorschriften) und DGUV Regeln kann abgewichen werden, wenn in der Gefährdungsbeurteilung dokumentiert ist, dass die gleiche Sicherheit auf andere Weise erreicht wird.

**Keine verbindlichen Rechtsnormen** sind DGUV Informationen, Merkblätter, DIN-/VDE-Normen. Sie gelten als wichtige Bewertungsmaßstäbe und Regeln der Technik, von denen abgewichen werden kann, wenn die gleiche Sicherheit auf andere Weise erreicht wird.

### Fundstellen im Internet

Die Schriften der BG RCI sowie ein umfangreicher Teil des staatlichen Vorschriften- und Regelwerkes und dem der gesetzlichen Unfallversicherungsträger (rund 1 700 Titel) sind im Kompendium Arbeitsschutz der BG RCI verfügbar. Die Nutzung des Kompendiums im Internet ist kostenpflichtig. Ein kostenfreier, zeitlich begrenzter Probezugang wird angeboten.

Weitere Informationen unter [www.kompendium-as.de](http://www.kompendium-as.de).

Zahlreiche aktuelle Informationen bietet die Homepage der BG RCI unter [www.bgrci.de/praevention](http://www.bgrci.de/praevention) und [fachwissen.bgrci.de](http://fachwissen.bgrci.de).

Detailinformationen zu Schriften und Medien der BG RCI sowie Bestellung siehe [medienshop.bgrci.de](http://medienshop.bgrci.de).

Ausgewählte Merkblätter, Anhänge und Vordrucke aus Merkblättern und DGUV Regeln sowie ergänzende Arbeitshilfen stehen im Downloadcenter Prävention unter [downloadcenter.bgrci.de](http://downloadcenter.bgrci.de) zur Verfügung.

Unfallverhütungsvorschriften, DGUV Regeln, DGUV Grundsätze und viele DGUV Informationen sind auf der Homepage der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) unter [publikationen.dguv.de](http://publikationen.dguv.de) zu finden.

## 1. Veröffentlichungen der Europäischen Union im Amtsblatt der Europäischen Union

Bezugsquelle: Bundesanzeiger-Verlag, Postfach 10 05 34, 50445 Köln,  
[www.bundesanzeiger.de](http://www.bundesanzeiger.de)  
Freier Download unter [eur-lex.europa.eu/de/index.htm](http://eur-lex.europa.eu/de/index.htm)

- (1) 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 Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006, zuletzt geändert durch Verordnung (EU) 2018/669
- (2) 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 Agentur für chemische Stoffe, 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, zuletzt geändert durch Verordnung (EU) 2018/675

## 2. Gesetze, Verordnungen, Technische Regeln

Bezugsquelle: Buchhandel  
Freier Download unter [www.gesetze-im-internet.de](http://www.gesetze-im-internet.de) (Gesetze und Verordnungen) bzw. [www.baua.de](http://www.baua.de) (Technische Regeln)

- (3) Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) mit zugehörigen Arbeitsmedizinischen Regeln (AMR), insbesondere
- (4) AMR 14.2: Einteilung von Atemschutzgeräten in Gruppen
- (5) Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz – ArbSchG)
- (6) Verordnung über Arbeitsstätten (Arbeitsstättenverordnung – ArbStättV) mit zugehörigen Technischen Regeln für Arbeitsstätten (ASR), insbesondere
- (7) ASR A1.3: Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung
- (8) ASR A2.2: Maßnahmen gegen Brände

- (9) ASR A2.3: Fluchtwege und Notausgänge, Flucht- und Rettungsplan
- (10) ASR A3.6: Lüftung
- (11) Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln (Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV) mit zugehörigen Technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS)
- (12) Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) mit zugehörigen Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS)
- (13) TRGS 201: Einstufung und Kennzeichnung bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen
- (14) TRGS 400: Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen
- (15) TRGS 401: Gefährdung durch Hautkontakt – Ermittlung, Beurteilung, Maßnahmen
- (16) TRGS 402: Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition
- (17) TRGS 420: Verfahrens- und stoffspezifische Kriterien (VSK) für die Gefährdungsbeurteilung
- (18) TRGS 460: Handlungsempfehlung zur Ermittlung des Standes der Technik
- (19) TRGS 500: Schutzmaßnahmen
- (20) TRGS 509: Lagern von flüssigen und festen Gefahrstoffen in ortsfesten Behältern sowie Füll- und Entleerstellen für ortsbewegliche Behälter
- (21) TRGS 510: Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern
- (22) TRGS 526: Laboratorien
- (23) TRGS 555: Betriebsanweisung und Information der Beschäftigten
- (24) TRGS 600: Substitution
- (25) TRGS 800: Brandschutzmaßnahmen
- (26) TRGS 900: Arbeitsplatzgrenzwerte
- (27) TRGS 903: Biologische Grenzwerte
- (28) Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Benutzung persönlicher Schutzausrüstungen bei der Arbeit (PSA-Benutzungsverordnung – PSA-BV)
- (29) Verordnung über die innerstaatliche und grenzüberschreitende Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße, mit Eisenbahnen und auf Binnengewässern (GVSEB)

- (30) Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung – AVV)
- (31) Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes- Immissionsschutzgesetz – BImSchG) mit zugehörigen Verordnungen, insbesondere
- (32) Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen – 4. BImSchV)
- (33) Zwölfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Störfall-Verordnung – 12. BImSchV)
- (34) Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutz-Gesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft)
- (35) Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV)
- (36) Achte Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Verordnung über die Bereitstellung von persönlichen Schutzausrüstungen auf dem Markt – 8. ProdSV)
- (37) Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz – KrWG)
- (38) Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG)
- (39) Gesetz zum Schutz von Müttern bei der Arbeit, in der Ausbildung und im Studium (Mutterschutzgesetz – MuSchG)
- (40) Gesetz zum Schutze der arbeitenden Jugend (Jugendarbeitsschutzgesetz – JArbSchG)
- (41) Muster-Richtlinie über den baulichen Brandschutz im Industriebau (Muster-Industriebau-Richtlinie – MIndBauRL)
- (42) Berufskrankheiten-Verordnung (BKV)

### **3. Unfallverhütungsvorschriften, DGUV Regeln und Informationen für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit**

Bezugsquellen: Jedermann-Verlag GmbH, Postfach 10 31 40, 69021 Heidelberg, [www.jedermann.de](http://www.jedermann.de) und Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie, Postfach 10 14 80, 69004 Heidelberg, [medienshop.bgrci.de](http://medienshop.bgrci.de)

Mitgliedsbetriebe der BG RCI können die folgenden Schriften (bis zur nächsten Bezugsquellenangabe) bei der BG RCI und beim Jedermann-Verlag in einer der Betriebsgröße angemessenen Anzahl kostenlos beziehen.

- (43) DGUV Vorschrift 1: Grundsätze der Prävention
- (44) DGUV Vorschrift 2: Betriebsärzte und Fachkräfte für Arbeitssicherheit

- (45) DGUV Information 213-850: Sicheres Arbeiten in Laboratorien
- (46) DGUV Information 213-050: Gefahrgutbeauftragte (Merkblatt A 002 der BG RCI)
- (47) Merkblatt A 008: Persönliche Schutzausrüstungen
- (48) DGUV Information 213-051: Betriebsanweisungen für den Umgang mit Gefahrstoffen (Merkblatt A 010)
- (49) DGUV Information 213-052: Beförderung gefährlicher Güter (Merkblatt A 013)
- (50) DGUV Information 213-012: Gefahrgutbeförderung in Pkw und in Kleintransportern (Merkblatt A 014)
- (51) Merkblatt A 016: Gefährdungsbeurteilung – Sieben Schritte zum Ziel
- (52) Merkblatt A 017: Gefährdungsbeurteilung – Gefährdungskatalog
- (53) Merkblatt A 023: Hand- und Hautschutz
- (54) Merkblatt A 026: Unterweisung – Gefährdungsorientierte Handlungshilfe
- (55) Merkblatt A 027: Mutterschutz im Betrieb
- (56) kurz & bündig KB 002: Hand- und Hautschutz
- (57) kurz & bündig KB 008: Gefahrgut im Pkw und Kleintransporter – Kleinmengen
- (58) kurz & bündig KB 011-1: Arbeitsmedizinische Vorsorge nach ArbMedVV – Teil 1: Grundlagen und Hinweise zur Durchführung  
kurz & bündig KB 011-2: Arbeitsmedizinische Vorsorge nach ArbMedVV – Teil 2 : Ermittlung der Vorsorgeanlässe
- (59) DGUV Information 213-070: Säuren & Laugen (Merkblatt M 004)
- (60) DGUV Information 213-072: Lösemittel (Merkblatt M 017)
- (61) Merkblatt M 039: Fruchtschädigende Stoffe – Informationen für Mitarbeiterinnen und betriebliche Führungskräfte
- (62) DGUV Information 213-079: Tätigkeiten mit Gefahrstoffen – Informationen für Beschäftigte (Merkblatt M 050 der BG RCI)
- (63) DGUV Information 213-080: Arbeitsschutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen (Merkblatt M 053)
- (64) DGUV Information 213-082: Gefahrstoffe mit GHS-Kennzeichnung – Was ist zu tun? (Merkblatt M 060)
- (65) DGUV Information 213-085: Lagerung von Gefahrstoffen – Antworten auf häufig gestellte Fragen (Merkblatt M 063)

- (66) DGUV Information 213-053: Schlauchleitungen – Sicherer Einsatz (Merkblatt T 002)
- (67) Merkblatt T 005: Fassmerkblatt: Umgang mit entleerten gebrauchten Gebinden
- (68) DGUV Information 213-054: Maschinen – Sicherheitskonzepte und Schutzeinrichtungen (Merkblatt T 008)
- (69) DGUV Information 213-055: Retten aus Behältern, Silos und engen Räumen (Merkblatt T 010)
- (70) DGUV Information 213-056: Gaswarneinrichtungen und -geräte für toxische Gase/Dämpfe und Sauerstoff – Einsatz und Betrieb (Merkblatt T 021)
- (71) Merkblatt T 025: Umfüllen von Flüssigkeiten
- (72) Praxishilfe-Ordner: Arbeitsschutz mit System
- (73) Praxishilfe-Ordner: Gerüstet für den Notfall
- (74) GefDok light für die schnelle Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung (Layoutvorlagen im Excel-Format)
- (75) GefDok KMU als einfache Software zur Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) verschiedener Branchen
- (76) Sicherheitskurzgespräche (SKG), z. B.
  - SKG 002: GHS – Global Harmonisiertes System
  - SKG 003: Lagerung von Gefahrstoffen
  - SKG 023: Hautschutz

Bezugsquelle: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V., Glinkastraße 40, 10117 Berlin-Mitte  
Freier Download unter [publikationen.dguv.de](http://publikationen.dguv.de)

- (77) DGUV Regel 100-500/DGUV Regel 100-501: Betreiben von Arbeitsmitteln, insbesondere Kapitel 2.31: Arbeiten an Gasleitungen; nicht in Schriftform erhältlich, freier Download unter [publikationen.dguv.de](http://publikationen.dguv.de)
- (78) DGUV Regel 109-002: Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen
- (79) DGUV Regel 112-189: Benutzung von Schutzkleidung
- (80) DGUV Regel 112-190: Benutzung von Atemschutzgeräten
- (81) DGUV Regel 112-191: Benutzung von Fuß- und Knieschutz
- (82) DGUV Regel 112-192: Benutzung von Augen- und Gesichtsschutz
- (83) DGUV Regel 112-193: Benutzung von Kopfschutz
- (84) DGUV Regel 112-195: Benutzung von Schutzhandschuhen



- (85) DGUV Regel 113-001: Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)
- (86) DGUV Regel 113-004: Arbeiten in Behältern, Silos und engen Räumen
- (87) DGUV Information 204-001: Erste Hilfe (Plakat)
- (88) DGUV Information 204-006: Anleitung zur Ersten Hilfe  
DGUV Information 204-022: Erste Hilfe im Betrieb
- (89) DGUV Information 205-001: Arbeitssicherheit durch vorbeugenden Brandschutz
- (90) DGUV Information 205-003: Aufgaben, Qualifikation, Ausbildung und Bestellung von Brandschutzbeauftragten
- (91) DGUV Information 205-023: Brandschutz Helfer – Ausbildung und Befähigung
- (92) DGUV Information 208-050: Notfallmanagement beim Umschlag und innerbetrieblichen Transport von Gefahrgütern und gefährlichen Stoffen
- (93) DGUV Information 209-073: Arbeitsplatzlüftung – Entscheidungshilfen für die betriebliche Praxis
- (94) DGUV Information 212-007: Chemikalienschutzhandschuhe
- (95) DGUV Information 212-017: Allgemeine Präventionsleitlinie Hautschutz – Auswahl, Bereitstellung und Benutzung
- (96) DGUV Information 213-726: EGU: Tätigkeiten mit sonstigen komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemischen (KKG)
- (97) DGUV Grundsatz 313-003: Grundanforderungen an spezifische Fortbildungsmaßnahmen als Bestandteil der Fachkunde zur Durchführung der Gefährdungsbeurteilung bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen

#### 4. Normen

Bezugsquelle: Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin; [www.beuth.de](http://www.beuth.de)

- (98) DIN 12899-3:2009-04: Sicherheitsnotduschen – Teil 3: Körperduschen für Betriebe und Umschlaganlagen
- (99) DIN 38405-4:1985-07: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Anionen (Gruppe D); Bestimmung von Fluorid (D 4)
- (100) DIN EN 374-3:2003-12: Schutzhandschuhe gegen Chemikalien und Mikroorganismen – Teil 3: Bestimmung des Widerstandes gegen Permeation von Chemikalien (zurückgezogen)
- (101) DIN 2403:2014-06: Kennzeichnung von Rohrleitungen nach dem Durchflusstoff

- (102) VDI 2452 Blatt 1:1978-03: Messen von Immissionen; Messen der Gesamt-Fluoridionen- Konzentration; Impinger-Verfahren

## 5. Andere Schriften und Medien

Bezugsquelle: Buchhandel

- (103) Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par Route (ADR); deutscher Titel: Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße
- (104) Règlement International concernant le transport des marchandises dangereuses chemins de fer (RID); deutscher Titel: Internationale Ordnung für die Beförderung gefährlicher Güter mit der Eisenbahn
- (105) DGUV Grundsätze für arbeitsmedizinische Untersuchungen, 2014, 6. Auflage, Gentner Verlag, Stuttgart, ISBN 978-3-87247-756-9
- (106) K. Hauffe: Gegen Flusssäure korrosionsbeständige Werkstoffe; in Materials in Technology and Testing, Volume 15, Issue 12, 1984, Verlag Chemie Weinheim
- (107) Ullmanns Encyclopedia of Industrial Chemistry, ISBN: 978-3-527-30385-4

## 6. Informationen und Datenbanken im Internet

- (108) Gefahrstoffinformationssystem Chemikalien (GisChem) der BG RCI und der BGHM unter [www.gischem.de](http://www.gischem.de), mit verschiedenen Modulen, z. B. „GisChem-Interaktiv“ zur Erstellung eigener Betriebsanweisungen, „Gefahrstoffverzeichnis“, ...
- (109) Fachwissenportal der BG RCI, Fachwissen zu Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit, [fachwissen.bgrci.de](http://fachwissen.bgrci.de)
- (110) Lernportal „Sicheres Arbeiten im Labor“, [www.sicheres-arbeiten-im-labor.de](http://www.sicheres-arbeiten-im-labor.de)
- (111) Lernportal „Sicheres Befahren von Behältern, Silos und engen Räumen“, [www.sicheres-befahren.de](http://www.sicheres-befahren.de)
- (112) Verwaltungs-Berufsgenossenschaft (VBG), [www.vbg.de](http://www.vbg.de), insbesondere – Broschüre „Zwischenfall, Notfall, Katastrophe – Leitfaden für die Sicherheits- und Notfallorganisation“
- (113) Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), [www.dguv.de](http://www.dguv.de)
- (114) Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), [www.dguv.de/ifa](http://www.dguv.de/ifa)
- (115) GESTIS-Gefahrstoffinformationssystem (Gefahrstoffe am Arbeitsplatz) und GESTIS-Stoffenmanager (webgestütztes Instrument zur Gefährdungsbeurteilung bei chemischen Einwirkungen), [www.dguv.de/ifa/GESTIS](http://www.dguv.de/ifa/GESTIS)
- (116) Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), [www.baua.de](http://www.baua.de)

- (117) Rigoletto online-Datenbank des Umweltbundesamtes mit allen bisher in eine Wassergefährdungsklasse oder als nicht-wassergefährdend eingestuften Stoffen, [webrigoletto.uba.de/rigoletto/](http://webrigoletto.uba.de/rigoletto/)
- (118) Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS), [www.dakks.de](http://www.dakks.de)
- (119) Bundesvereinigung Deutscher Apothekerverbände (ABDA), [www.abda.de](http://www.abda.de)
- (120) Umweltfirmen-Datenbank der Industrie- und Handelskammern, [www.umfis.de](http://www.umfis.de)
- (121) Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall, [www.laga-online.de](http://www.laga-online.de)
- (122) DECHEMA-Werkstoff-Tabelle, [dechema.de/dwt.html](http://dechema.de/dwt.html)
- (123) CHEMSAFE, die Datenbank für bewertete sicherheitstechnische Kenngrößen, [www.dechema.de/chemsafe.htm](http://www.dechema.de/chemsafe.htm)

#### Bildnachweis

Die in dieser Schrift verwendeten Bilder dienen nur der Veranschaulichung. Eine Produktempfehlung wird damit ausdrücklich nicht beabsichtigt.

#### Die Abbildungen wurden freundlicherweise zur Verfügung gestellt von:

Abbildung 2a:  
AHF Analysentechnik AG  
72074 Tübingen  
[www.ahf.de](http://www.ahf.de)

Abbildung 2b:  
Poulten & Graf GmbH  
Am Bildacker 3–7  
97877 Wertheim

Abbildung 2c:  
BRAND GMBH + CO KG  
97877 Wertheim  
[www.brand.de](http://www.brand.de)

Abbildung 3:  
DuPont de Nemours (Deutschland) GmbH  
63263 Neu-Isenburg  
[www.safespec.dupont.de](http://www.safespec.dupont.de)

Abbildung 4:  
E. Richard THIEME GmbH  
01900 Großröhrsdorf  
[www.thieme-textiles.com](http://www.thieme-textiles.com)

#### **Ausgabe 12/2018** (Überarbeitung der Ausgabe 3/2012)

Diese Schrift können Sie über den Medienshop unter [medienshop.bgrci.de](http://medienshop.bgrci.de) beziehen.

Haben Sie zu dieser Schrift Fragen, Anregungen, Kritik? Dann nehmen Sie bitte mit uns Kontakt auf.

- Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie, Prävention, KC Präventionsprodukte und -marketing, Referat Medien  
Postfach 10 14 80, 69004 Heidelberg

- E-Mail: [praeventionsprodukte@bgrci.de](mailto:praeventionsprodukte@bgrci.de)
- Kontaktformular: [www.bgrci.de/kontakt-schriften](http://www.bgrci.de/kontakt-schriften)