

# BRANDSCHUTZ- FORSCHUNG

DER BUNDESLÄNDER

BERICHTE

**Untersuchung zur Gefährdungslage durch Glasstaub bei Einsätzen der  
technischen Hilfeleistung bei Verkehrsunfällen**

von Dipl.-Ing. Jürgen Kunkelmann

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Forschungsstelle für Brandschutztechnik

194

STÄNDIGE KONFERENZ DER INNENMINISTER UND -SENATOREN DER  
LÄNDER, ARBEITSKREIS V, AUSSCHUSS FÜR FEUERWEHR-  
ANGELEGENHEITEN, KATASTROPHENSCHUTZ UND ZIVILE VERTEIDIGUNG

**Ständige Konferenz der Innenminister und –senatoren der Länder, Arbeitskreis V, Ausschuss für Feuerwehrangelegenheiten, Katastrophenschutz und zivile Verteidigung**

Forschungsbericht Nr. 194

**Untersuchung zur Gefährdungslage durch Glasstaub bei Einsätzen der technischen Hilfeleistung bei Verkehrsunfällen**

von

Dipl.-Ing. Jürgen Kunkelmann

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Forschungsstelle für Brandschutztechnik

Karlsruhe

Oktober 2018

## BERICHTSKENNBLETT

<b>Nummer des Berichtes:</b>  194	<b>Titel des Berichtes:</b> <b>Untersuchung zur Gefährdungslage durch Glasstaub bei Einsätzen der technischen Hilfeleistung bei Verkehrsunfällen</b>		<b>ISSN:</b>  0170-0060
<b>Autor:</b> Dipl.-Ing. Jürgen Kunkelmann		<b>durchführende Institution:</b> Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Forschungsstelle für Brandschutztechnik, Hertzstr. 16, D-76187 Karlsruhe	
<b>Nummer des Auftrages:</b> FA. Nr. 237 (FFB-1/2017)		<b>auftraggebende Institution:</b> Ständige Konferenz der Innenminister und –senatoren der Länder, Arbeitskreis V, Ausschuss für Feuerwehrangelegenheiten, Katastrophenschutz und zivile Verteidigung	
<b>Abschlussdatum:</b> Oktober 2018			
<b>Seitenzahl:</b> 155	<b>Bilder:</b> 25	<b>Tabellen:</b> 17	<b>Literaturverweise:</b> 85
<b>Kurzfassung:</b>  <p>Beim Retten und Bergen ist es oft notwendig, zum Teil schwerstverletzte Unfallopfer, unter Zuhilfenahme diverser mechanischer Rettungsgeräte, aus den nicht selten stark deformierten Krafftfahrzeugkarosserien zu befreien.</p> <p>Trotz der Schwere der Verletzungen und dem somit meist geringen Zeitfenster, welches für eine adäquate Rettung zur Verfügung steht, ist der Schutz der Unfallopfer vor weiteren schädigenden Einflüssen, welche im Verlauf der Rettung auftreten können von großer Bedeutung.</p> <p>Bei Einsätzen zur technischen Hilfeleistung werden jedoch nicht nur die Unfallopfer selbst, sondern auch die jeweiligen im Einsatz befindlichen Rettungskräfte selbst mit diesen Gefahrenquellen konfrontiert.</p> <p>Eine dieser möglichen Gefahren, welcher Einsatzkräfte, ganz gleich ob Feuerwehr oder Rettungsdienst, im Rahmen der technischen Hilfeleistung bei Verkehrsunfällen ständig ausgesetzt sind und welche in Feuerwehrfachkreisen diskutiert wird, ist die Einwirkung von Glassplittern und feinem Glasstaub der bei der mechanischen Zerstörung der unterschiedlichen Krafftfahrzeugscheiben mit den unterschiedlichen Werkzeugen entsteht.</p> <p>Ob und inwieweit diese Glassplitter und der feine Glasstaub für Unfallopfer und Rettungskräfte eine potentielle Gefahr für die menschliche Physiologie in Bezug auf Schädigung von Atmungsorganen, Augen, Haut, Gehör und Verdauungstrakt darstellt wird in dieser Arbeit näher beleuchtet.</p> <p>Weiterhin werden die daraus abzuleitenden Maßnahmen für die persönliche Schutzausrüstung dargestellt.</p>			
<b>Schlagwörter:</b> Krafftfahrzeuge, technische Hilfeleistung, Glas, Glassplitter, Glasstaub, mechanische Zerstörung, Gefährdungsbeurteilung, persönliche Schutzausrüstung (PSA),			

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b>	<b>I</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS</b>	<b>III</b>
<b>1. VORWORT</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIALTECHNISCHE EIGENSCHAFTEN VON GLAS</b>	<b>5</b>
2.1. Eigenschaften, Aufbau und Struktur von Glas	5
2.1.1. Herstellung von Glas	5
2.2. Sicherheitsglas	7
2.2.1. Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG)	7
2.2.2. Teilvorgespanntes Glas (TVG)	8
2.2.3. Verbund-Sicherheitsglas (VSG)	9
2.3. Isolierglas	14
2.4. Technische Eigenschaften von Glas - Vergleich	15
<b>3. EINSATZ VON GLAS IN KRAFTFAHRZEUGEN</b>	<b>16</b>
3.1. Gesetzliche Vorgaben für Kraftfahrzeuge	16
3.1.1. UN/ECE Regelungen	16
3.1.2. Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO)	18
<b>4. MECHANISCHE ZERSTÖRUNG UND BEARBEITUNG VON GLÄSERN IM RAHMEN DER TECHN. HILFELEISTUNG BEI VERKEHRSUNFÄLLEN</b>	<b>19</b>
4.1. Vorschriften und Richtlinien	19
4.1.1. Feuerwehr-Dienstvorschriften (FwDV)	19
4.1.2. Unfallverhütungsvorschrift Feuerwehr (GUV-V C 53)	20
4.1.3. Richtlinien der Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V. (vfdb)	21
4.2. Glasmanagement	25
4.3. Werkzeuge zur geplanten Zerstörung von Glas	29
4.3.1. Glas-Master	29
4.3.2. Säbelsäge	30
4.3.3. Federkörner	33
4.3.4. Blechaufreißer	35
4.3.5. Winkel- bzw. Trennschleifer	36

4.3.6.	Zwillingssägen	37
4.3.7.	Hydraulische Schneidgeräte (Rettungsschere)	39
4.3.8.	Rettungskettensäge	40
<b>5.</b>	<b>GEFÄHRDUNGSBEURTEILUNG NACH ARBEITSSCHUTZRECHT</b>	<b>41</b>
5.1.	Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) und Unfallverhütungsvorschriften	41
5.2.	Die Schritte einer Gefährdungsbeurteilung	43
5.2.1.	Schritt 1: Ermittlung der Gefährdung	43
5.2.2.	Schritt 2: Risikobeurteilung	44
5.2.3.	Schritt 3: Ableiten von Schutzziele	47
5.2.4.	Schritt 4: Maßnahmen auswählen und auf Wirksamkeit überprüfen	48
5.2.5.	Dokumentation	50
5.2.6.	Unterweisung auf Basis der Gefährdungsbeurteilung	51
5.2.7.	Regelmäßige Überprüfung	51
<b>6.</b>	<b>FEINSTAUB - WIRKUNG AUF DIE MENSCHLICHE PHYSIOLOGIE – ALLGEMEINE BETRACHTUNGEN</b>	<b>52</b>
<b>7.</b>	<b>AMORPHES SILICIUMDIOXID – WIRKUNG AUF DIE MENSCHLICHE PHYSIOLOGIE</b>	<b>63</b>
7.1.	Internationale Untersuchungen	63
7.2.	GESTIS-Stoffdatenbank	66
7.2.1.	Atmungsorgane	66
7.2.2.	Augen 68	
7.2.3.	Haut 69	
7.2.4.	Verdauungstrakt	70
<b>8.</b>	<b>ENTSTEHUNG VON GLASSTAUBPARTIKELN BEI DER MECHANISCHEN ZERSTÖRUNG VON GLAS – EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN</b>	<b>71</b>
<b>9.</b>	<b>ERMITTLUNG MÖGLICHER GEFÄHRDUNGEN BEI DER MECHANISCHEN ZERSTÖRUNG VON GLAS IN KRAFTFAHRZEUGEN IM RAHMEN EINER GEFÄHRDUNGSBEURTEILUNG</b>	<b>77</b>
<b>10.</b>	<b>PERSÖNLICHE SCHUTZMAßNAHMEN</b>	<b>81</b>
10.1.	Atenschutz	81

10.1.1. Atemschutz – Allgemeine Betrachtungen	81
A Filtergeräte	86
B Isoliergeräte	92
C Selbstretter und Fluchtgeräte	94
10.1.2. PSA Atemschutz - Einsatzgebiet „Glas“	95
10.2. Schnitenschutz / Infektionsschutz	96
10.2.1. Schnitenschutz / Infektionsschutz– Allgemeine Betrachtungen	96
10.2.2. Infektionserkrankungen – Bemerkungen	98
10.2.3. PSA Schnitenschutz / Infektionsschutz – Einsatzgebiet „Glas“	100
10.3. Gehörschutz	102
10.3.1. Gehörschutz - Allgemeine Betrachtungen	102
10.3.2. PSA Gehörschutz – Einsatzgebiet „Glas“	104
10.4. Gesichtsschutz / Augenschutz	105
10.4.1. Gesichtsschutz / Augenschutz– Allgemeine Betrachtungen	105
10.4.2. PSA Gesichtsschutz/Augenschutz– Einsatzgebiet „Glas“	111
<b>11. ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNGEN</b>	<b>112</b>
<b>12. LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>117</b>
<b>13. ANHANG</b>	<b>136</b>

## **ABBILDUNGSVERZEICHNIS**

<i>Abbildung 1:</i> Einsatz des integrierten Glasbrechers eines Glas-Masters	30
<i>Abbildung 2:</i> Zerstörung der Frontscheibe aus VSG mittels Glas-Master	30
<i>Abbildung 3:</i> Beispiel für eine Säbelsäge [Kullik, D. /2017-3/]	31
<i>Abbildung 4:</i> Einsatz einer Säbelsäge beim Schneiden einer PKW Frontscheibe aus VSG [Kullik, D. /2017-3/]	31
<i>Abbildung 5:</i> Beispiel für einen Federkörner [Kullik, D. /2017-3/]	33
<i>Abbildung 6:</i> Ansetzen und Spannen eines Federkörners [Kullik, D. /2017-3/]	34
<i>Abbildung 7:</i> Rissbild bei der Zerstörung einer Seitenscheibe mit Federkörner [Kullik, D. /2017-3/]	34
<i>Abbildung 8:</i> Beispiel eines Nothammers mit integriertem Gurtmesser	34
<i>Abbildung 9:</i> Beispiel eines Nothammers, an der Fahrzeugwand montiert [Kullik, D. /2017-3/]	34
<i>Abbildung 10:</i> Beispiel für einen Blechaufreißer [Kullik, D. /2017-3/]	35
<i>Abbildung 11:</i> Beispiel für einen Winkel- bzw. Trennschleifer [Kullik, D. /2017-3/]	36
<i>Abbildung 12:</i> Beispiel für eine Zwillingssäge [Kullik, D. /2017-3/]	38
<i>Abbildung 13:</i> Beispiel für eine Rettungsschere [Kullik, D. /2017-3/]	39
<i>Abbildung 14:</i> Beispiel für eine Rettungskettensäge [Kullik, D. /2017-3/]	40
<i>Abbildung 15:</i> Gefährdungsbeurteilung bei Stäuben [VBG /2016/]	55
<i>Abbildung 16:</i> Lungengängigkeit von Aerosolen im Atemtrakt (Abscheidegrad $\geq$ 50 % [VBG /2016/]	56
<i>Abbildung 17:</i> Lungengängigkeit der Partikel - Teilchengrößenverteilung nach DIN EN 481 [VBG /2016/]	57
<i>Abbildung 18:</i> Beispiel für eine partikelfiltrierende Halbmaske mit Ausatemventil [Kullik, D. /2017-3/]	87
<i>Abbildung 19:</i> Beispiel eines Schutzhandschuhs nach DIN EN 388 [Kullik, D. /2017-3/]	98
<i>Abbildung 20:</i> Beispiel eines Infektionsschutzhandschuhs nach DIN EN 455 [Kullik, D. /2017-3/]	98
<i>Abbildung 21:</i> Kapselgehörschützer nach DIN EN 352-1 [Kullik, D. /2017-3/]	103
<i>Abbildung 22:</i> Gehörschutzstöpsel nach DIN EN 352-2 [Kullik, D. /2017-3/]	103

<i>Abbildung 23:</i> Schutzbrille (nicht dicht schließender Augenschutz) [Kullik, D. /2017-3/]	107
<i>Abbildung 24:</i> Korbbrille (dicht schließender Augenschutz) [Kullik, D. /2017-3/]	107
<i>Abbildung 25:</i> Im Feuerwehrhelm integriertes Visier und Schutzbrille [Kullik, D. /2017-3/]	107



## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1-1: Einsätze nach Tätigkeitsbereichen (entsprechend des Abfragebogens FEU 905) [DFV /2018/]	2
Tabelle 2-1: Technische Eigenschaften von Glas [Wagner, E. /2012/]	15
Tabelle 4-1: Mindestausstattungsempfehlung – Auszug: Patienten- und Eigenschutz [vfdb-06/01-1 /2010/]	23
Tabelle 4-2: Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile einer Säbelsäge [Säbelsägen /2015/]:	32
Tabelle 5-1: Eintrittswahrscheinlichkeit [DGUV 205-021 /2012/]	44
Tabelle 5-2: Mögliche gesundheitliche Folgen [DGUV 205-021 /2012/]	45
Tabelle 5-3: Risikomatrix [DGUV 205-021 /2012/]	46
Tabelle 5-4: Risikogruppe [DGUV 205-021 /2012/]	47
Tabelle 5-5: Zielhierarchie [DGUV 205-021 /2012/]	49
Tabelle 6-1: Staub am Arbeitsplatz – Internationale Grenzwerte [VBG /2016/]	60
Tabelle 6-2: Schwebeverhalten von Staubteilchen – Dichte 2 g/cm <sup>3</sup> - in Luft [VBG /2016/]	61
Tabelle 10-1: Kurzzeichen für mechanische Festigkeit der Sichtscheibe [GUV-R 192 /2002/]	109
Tabelle 10-2: Tragkörper zum Schutz gegen Grobstaub [GUV-R 192 /2002/]	110
Tabelle 10-3: Tragkörper zum Schutz gegen Gas und Feinstaub [GUV-R 192 /2002/]	110
Tabelle 13-1: Zehn goldene Regeln zur Staubbekämpfung Schwebeverhalten von Staubteilchen [VBG /2016/]	136
Tabelle 13-2: Gas- und Spezialfilter und ihre Hauptanwendungsbereiche (Typen, Kennfarben, Hauptanwendungsbereiche, Klassen und Einsatzgrenzen) [DGUV 112-190 /2011/]	142
Tabelle 13-3: Auszug aus dem Arbeitsschutzgesetz [ArbSchG /2015/]	143

## **Bemerkung zu den vorliegenden Untersuchungen**

**Jede Nennung kommerzieller Produkte geschieht nur zu Informationszwecken. Damit ist keine Empfehlung des genannten Produkts durch die Forschungsstelle für Brandschutztechnik am Karlsruher Institut für Technologie verbunden.**

**Die ausgewerteten in- und ausländischen Untersuchungen geben den Standpunkt und die Meinung der jeweiligen Autoren wieder und stellen nicht notwendigerweise den Standpunkt des Verfassers dieses Forschungsberichtes dar.**

## 1. Vorwort

Unter „Technischer Hilfeleistung“ versteht man nach [DIN 14011 /2018/] Maßnahmen unter Verwendung von Einsatzmitteln zur Abwehr von Gefahren für Leben, Gesundheit oder Sachen, die aus Explosionen, Überschwemmungen, Unfällen oder ähnlichen Ereignissen entstehen.

Zu dem sehr allgemein gehaltenen Begriff der technischen Hilfeleistung zählen

- neben einfachen kleineren Einsätzen, wie dem Öffnen von Wohnungstüren, bspw. im Rahmen der Amtshilfe für die Polizei oder den Rettungsdienst,
- auch Tätigkeiten wie das Beseitigen von Sturmschäden,
- Einsätze mit gefährlichen Stoffen und Gütern oder das
- Retten und Bergen von Menschen und Tieren aus lebensbedrohlichen Zuständen, oft im Zusammenhang mit schweren Verkehrsunfällen mit Kraftfahrzeugen.

Die technische Hilfeleistung nimmt gemäß der Feuerwehr-Statistik des Deutschen Feuerwehrverbandes (DFV) im Einsatzspektrum von Feuerwehren noch vor Brandeinsätzen den größten Anteil an (siehe Tabelle 1-1) [DFV /2018/].

Tabelle 1-1: Einsätze nach Tätigkeitsbereichen (entsprechend des Abfragebogens FEU 905) [DFV /2018/]

<b>Jahr</b>	<b>2015</b>	<b>2014</b>	<b>2010</b>	<b>2005</b>	<b>2000</b>
<b>Brände und Explosionen</b>	192.078	175.354	188.429	158.600	197.154
<b>Technische Hilfeleistungen</b>	611.721	553.880	610.037	512.836	479.232
<b>Tiere/Insekten</b>	36.372	34.144	40.071	34.784	41.725
<b>Fehlalarmierungen</b>	295.591	172.751	167.444	178.184	192.447
<b>Rettungsdienst: Notfallrettung</b>	2.054.766	2.214.803	2.077.926	1.760.863	1.556.792
<b>Rettungsdienst: Krankentransport</b>	495.075	550.340	625.234	690.431	868.535

Die technische Rettung soll sich nach den medizinischen Erfordernissen richten. Das heißt in erster Linie, dass die zur Befreiung notwendigen Maßnahmen mit dem Verantwortlichen der medizinischen Rettung (in der Regel wird dies der Notarzt sein) besprochen und abgestimmt werden [Beneke, N., et al. /2012/].

Die Erstversorgung von Verletzten mindestens in der Form der qualifizierten Ersten Hilfe hat Priorität vor weiteren, insbesondere technischen Einsatzmaßnahmen [Beneke, N., et al. /2012/].

An jeder Einsatzstelle sind geeignete Maßnahmen zur Sicherung gegen weitere Gefahren zu ergreifen. Bei technischen Hilfeleistungseinsätzen muss generell vor der Einwirkung folgender Gefahren gesichert werden [Beneke, N., et al. /2012/]:

- fließender Verkehr,
- Nachsacken, Wegrutschen und /oder Wegrollen aufgrund unkontrollierter Bewegung von Lasten oder Fahrzeugen,

- Brandgefahr,
- herabfallende Teile,
- Dunkelheit bzw. Sichteinschränkungen sowie
- auslaufende Betriebsstoffe und noch bestehende Energieversorgung

Beim Retten und Bergen von Menschen und Tieren ist es oft notwendig, zum Teil schwerstverletzte Unfallopfer, unter der Zuhilfenahme diverser mechanischer Rettungsgeräte, aus den nicht selten stark deformierten Kraftfahrzeugkarosserien zu befreien.

Trotz der Schwere der Verletzungen und dem somit meist geringen Zeitfenster, welches für eine adäquate Rettung zur Verfügung steht, ist der Schutz der Unfallopfer vor weiteren schädigenden Einflüssen, welche im Verlauf der Rettung auftreten können von großer Bedeutung.

Bei Einsätzen zur technischen Hilfeleistung werden jedoch nicht nur die Unfallopfer selbst, sondern auch die jeweiligen im Einsatz befindlichen Rettungskräfte selbst mit diesen Gefahrenquellen konfrontiert.

Die Eigensicherung ist eine der wichtigsten Aufgaben bei jedem Feuerwehreinsatz. Denn wirksame Hilfe kann nur derjenige leisten, der sich nicht selbst durch sein Handeln in Gefahr bringt [Beneke, N., et al. /2012/].

Scharfe und spitze Fahrzeugteile, welche durch den Unfall oder durch die mechanische Bearbeitung des Kraftfahrzeugs entstanden sind, nicht ausgelöste Airbag-Patronen und Gurtstraffer, welche unter der Freigabe hoher kinetischer Energie bersten können, oder aber zerbrochenes Glas der jeweiligen Front-, Seiten- und Heckscheiben, an welchem man sich mitunter schwere Verletzungen zuziehen kann, sind nur einige der potentiellen Gefahrenquellen mit denen eine Einsatzkraft von Feuerwehr oder Rettungsdienst zu rechnen hat.

Anders als in einem üblichen Betrieb mit festgelegten Verfahrens- und Betriebsabläufen ist es im Feuerwehreinsatz vergleichsweise schwierig, eventuell auftretende Gefahren bereits vor Ihrem Auftreten zu beschreiben und eine Gefährdungsbeurteilung zu erstellen um genaue Abläufe festzulegen. Denn meist wird die Feuerwehr genau dann hinzugezogen, wenn etwas nicht planmäßig läuft oder bereits vorab getroffene Sicherheitsvorkehrungen versagt haben.

Genau aus diesem Grund es ist jedoch umso wichtiger, alle planbaren Ereignisse zusammenzutragen und sich über mögliche Sicherheitsvorkehrungen Gedanken zu machen.

Abweichungen von den Unfallverhütungsvorschriften dürfen keine Regel, sondern nur den Ausnahmefall darstellen, wenn dies eine besondere Lage erfordert [Beneke, N., et al. /2012/].

Für die Gesamtheit der Sicherungsmaßnahmen trägt der Einsatzleiter die Verantwortung. Ohne die Mithilfe und das Sicherheitsbewusstsein jedes Einzelnen ist die Eigensicherung jedoch nicht durchführbar. Das beginnt bereits beim Anlegen der vollständigen persönlichen Schutzausrüstung und endet beim sorgsamem Umgang mit den Geräten [Beneke, N., et al. /2012/].

Die Persönliche Schutzausrüstung muss hierbei der jeweiligen Einsatzsituation angepasst werden.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde untersucht, welcher Gefährdung verunfallte Personen und Einsatzkräfte im Rahmen der technischen Hilfeleitung bei Verkehrsunfällen bei Einwirkung von Glassplittern und feinem Glasstaub bei der mechanischen Zerstörung von unterschiedlichen Kraftfahrzeugscheiben ausgesetzt sind und welche Schutzmaßnahmen erforderlich sind.

Ein wesentlicher Beitrag zu den Untersuchungen wurde durch die Arbeit von [Kullik, D. /2017-1/] geleistet.

## 2. Materialtechnische Eigenschaften von Glas

### 2.1. Eigenschaften, Aufbau und Struktur von Glas

Glas (Normalglas) ist bei normalen Temperaturen eine feste Flüssigkeit mit extrem hoher Viskosität und somit ein Körper mit amorpher Struktur. Dieser glasig amorphe Zustand unterscheidet sich vom kristallinen Zustand dadurch, dass die Moleküle lediglich in einer Nahordnung gebunden sind. Es fehlt ein symmetrisches und periodisches Kristallgitter. Glas ist – einfach ausgedrückt – eine eingefrorene, unterkühlte Flüssigkeit [Wagner, E. /2012/].

Normalglas (Kalk-Natron-Glas, Kalknatronglas, Kalknatronsilikatglas, Kalk-Soda-Glas) ist die am meisten verbreitete Glassorte.

Floatglas, welches nach dem Floatverfahren (hier nicht näher beschrieben) hergestellt wird, ist die heute am meisten verwendete Flachglasart. Der wirtschaftliche Prozess ermöglicht es, in großen Mengen klar durchsichtiges Glas mit nahezu planen Oberflächen in den Dicken 2 bis 19 mm herzustellen. Fensterglas und Floatglas haben die gleiche chemische Zusammensetzung sowie die gleichen allgemeinen physikalischen Eigenschaften. Dennoch hat Fensterglas im Vergleich zu Floatglas in den Oberflächen leichte, vertikal zur Ziehrichtung liegende Zielwellen aufgrund des gegenüber Floatglas abweichenden Herstellungsprozesses, die teilweise schon bei der Durchsicht, aber auch im Reflexionsbild erkennbar sind. Das Bruchbild von Fensterglas entspricht dem von Floatglas [Schittich, C., et al. /1998/].

#### 2.1.1. Herstellung von Glas

Glas besteht aus reinem Sand (Netzwerkbildner, überwiegend Siliciumdioxid (Kieselsäure)), Soda (Netzwerkwandler / Flussmittel) und Kalk (Stabilisator). Die Einschmelzung von reinem Sand geschieht bei sehr hohen Temperaturen ( $> 1.800^{\circ}\text{C}$ ). Silici-

umdiioxid ( $\text{SiO}_2$ ) ist in kristalliner Form als Quarz-Kristall bekannt, die Moleküle sind wie bei Kristallen üblich symmetrisch angeordnet [Wagner, E. /2012/].

Bei den hohen Temperaturen der Einschmelzung von Sand entsteht ein unregelmäßiges Schmelzgefüge von vernetzten Siliciumdioxidmolekülen [Wagner, E. /2012/].

Um einen wesentlich niedrigeren Schmelzpunkt zu erreichen und damit den Herstellungsprozess ökonomischer zu gestalten, wird Soda (Natriumkarbonat  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) beigemischt und verschmolzen. Soda als sogenannter Netzwerkzersetzer und Flussmittel spaltet die Netzwerkverbindungen zwischen den Siliciummolekülen und sorgt damit so für den wesentlich niedrigeren Schmelzpunkt. Als Endprodukt entsteht eine Flüssigkeit namens Wasserglas, die früher zum Beispiel im Brandschutzbereich (Anstrich bei Holdächern) verwendet wurde [Wagner, E. /2012/].

Wasserglas ist eine flüssige Substanz und hat deshalb nur wenig Ähnlichkeit mit festem Glas. Um wieder eine feste Substanz zu erhalten, aber auch zur Steuerung des Spaltungsprozesses wird nun zusätzlich zu Sand und Soda der Stoff Kalk (Calciumkarbonat  $\text{CaCO}_3$ ) oder meistens bei Flachglas Dolomit (Calciumkarbonat  $\text{CaCO}_3$  und Magnesiumcarbonat  $\text{MgCO}_3$ ) als Stabilisator beigemischt. Dadurch werden die gespaltenen Netzwerkverbindungen zwischen den Siliciummolekülen durch den Kalk teilweise wieder rückgängig gemacht. Nach der Erschmelzung dieser Substanzen in Abhängigkeit der Mengenzugabe des Kalkes entsteht wieder ein fester Stoff, dem Kalknatronsilikatglas. Zur Herstellung einer anderen Glassorte wie beispielsweise Borosilikatglas (chemikalien- und temperaturbeständiges Glas) wird anstelle des Sandes Natriumborat als Netzwerkbildner verwendet [Wagner, E. /2012/].



## 2.2. Sicherheitsglas

Sicherheitsglas wird im Allgemeinen hinsichtlich seines Einsatzgebietes in zwei Kategorien eingeordnet [SANCO /2010/]:

- Schutz vor Verletzungen durch Glasbruch (Passive Sicherheit)
- Angriffshemmende Verglasungen (Aktive Sicherheit)

Im Gebäudebereich kommt Sicherheitsglas zum Schutz vor Verletzungen durch Glasbruch bei Türen, Trennwänden, Windfängen, Treppenhaus-, Überkopf- oder trittsicheren Verglasungen und im Sanitärbereich zum Einsatz [SANCO /2010/].

Bei Fahrzeugen müssen nach § 40 der Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung in Deutschland sämtliche Scheiben, ausgenommen Spiegel sowie Abdeckscheiben von lichttechnischen Einrichtungen und Instrumenten, aus Sicherheitsglas bestehen [StVZO /2017/].

Die verschiedenen Glasarten mit Sicherheits-Eigenschaften werden nachfolgend näher erläutert.

### 2.2.1. Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG)

Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG) ist ein thermisch vorgespanntes Glas, bei dem die Vorspannung durch eine Wärmebehandlung des Glases erreicht wird [Wagner, E. /2012/].

Die ebene Glasscheibe wird hierbei bis zu dem Transformationspunkt<sup>1</sup> (mindestens 640°C) erhitzt. Wenn die gesamte Glasmasse diese Temperatur erreicht hat, wird sie schlagartig mit kalter Luft abgeblasen. Somit kühlen sich die Oberflächen schneller ab und ziehen sich schneller zusammen als der Glaskern [Schittich, C. et al. /1998/].

<sup>1</sup> Transformationspunkt: Das Glas geht bei 640°C aus dem festen in den weichen Zustand über [SANCO /2010/].

Damit entstehen in der Oberfläche zusätzliche Druckspannungen, die das Glas widerstandsfähiger machen. Bei Belastung von thermisch vorgespanntem Sicherheitsglas kann die Oberfläche infolge der Vorspannung mehr Zugkräfte aufnehmen als die von normal gekühltem Glas. Wird die Vorspannung überschritten, kann der Bruch eintreten. Wird thermisch vorgespanntes Glas überbelastet, so bricht es und zerfällt in kleine stumpfkantige Stücke [Schittich, C. et al. /1998/].

Thermisch vorgespannte Gläser können nachträglich nicht mehr bearbeitet, z.B. geschnitten oder gebohrt werden [Schittich, C. et al. /1998/].

ESG weist folgende neue Materialeigenschaften gegenüber dem Ausgangserzeugnis auf [SANCO /2010/].

- erhöhte Biegefestigkeit,
- erhöhte Schlag-, Stoß- und Hagelfestigkeit,
- erhöhte Temperaturwechselbeständigkeit (ca. 200 K nach [Schittich, C. et al. /1998/],
- verletzungshemmend durch Zerfallen in kleine stumpfkantige Glaskrümel,
- erhöhte Stoß- und Schlagfestigkeit.

### 2.2.2. Teilvorgespanntes Glas (TVG)

Glas wird als teilvorgespannt (TVG) bezeichnet, wenn die Oberflächenspannung gerade so groß ist, dass bei Bruch Radialbrüche von Kante zu Kante entstehen. Dabei dürfen keine größeren selbstständigen Bruchinseln in der Scheibe entstehen [Schittich, C. et al. /1998/].

Bei der Herstellung von TVG wird die Scheibe wie bei vorgespanntem ESG aufgeheizt, aber langsamer mit Luft abgeblasen. Die sich an den Oberflächen aufbauende Druckspannung ist bei TVG geringer als bei ESG [Schittich, C. et al. /1998/].

Eine Krümelung ist nicht zulässig [Wagner, E. /2012/].

Eine Bearbeitung nach der Herstellung ist bei TVG wie bei ESG nicht möglich.

TVG gilt nicht als Sicherheitsglas [Schittich, C. et al. /1998/], [Wagner, E. /2012/].

Die Sicherheitseigenschaften von TVG entsprechen ungefähr denen von normalem Floatglas. Erst durch die Verarbeitung zu Verbundsicherheitsglas (VSG) entsteht – wie auch bei Floatglas – ein Sicherheitsglas [Wagner, E. /2012/].

Nach [Schittich, C. et al. /1998/] kann bei der Verarbeitung von TVG zu Verbund- oder Verbundsicherheitsglas seine Brucheigenschaft und die etwas höhere Biegebruchfestigkeit gegenüber Floatglas genutzt werden.

### 2.2.3. Verbund-Sicherheitsglas (VSG)

VSG ist ein splitterbindendes Glas, bei dem im Fall des Glasbruches die Bruchstücke an der Folie haften. Dadurch können keine scharfkantigen Glassplitter aus dem Verbund gelöst werden und die Verletzungsgefahr wird erheblich minimiert [Wagner, E. /2012/].

Verbund-Sicherheitsglas (VSG) besteht aus zwei oder mehreren gleichdicken oder unterschiedlich dicken Glasscheiben, die mit einer oder mehreren hochreißfesten und zähelastischen Folien aus Polyvinylbutyral (PVB) dauerhaft zu einer Einheit verbunden sind [Wagner, E. /2012/].

Die Glasscheiben können klar, eingefärbt, beschichtet oder mit einseitig leichter Ornamentstruktur versehen sein, die Folien können klar, farbig, durchscheinend oder mit zusätzlichen Eigenschaften wie schalldämmend oder UV-schützend ausgeführt sein [Wagner, E. /2012/].

Nach [Wagner, E. /2012/] kann VSG aus folgenden Glasarten hergestellt werden:

- Floatglas (DIN EN 572 Teil 2),
- Gezogenes Flachglas (DIN EN 572 Teil 4),
- Ornamentglas (DIN EN 572 Teil 5),
- ESG (DIN EN 12150 Teil 1 und DIN 1249),
- TVG (DIN EN 1863),
- Sonstige Flachgläser.

Weitere Gläser, die zu VSG verarbeitet werden können, sind Drahtspiegelglas und bestimmte Ornamentgläser mit mindestens einseitig planer Oberfläche. Allerdings ist in Abhängigkeit der Planität der zu verklebenden Scheiben (z. B. leichte Welligkeit von ESG) oftmals eine Erhöhung der Foliendicke notwendig [Wagner, E. /2012/].

Das Erscheinungsbild eines Glasbruchs bei VSG ist abhängig von der Glasart, aus der VSG hergestellt ist [Wagner, E. /2012/].

Anders als bei ESG bleibt bei VSG die verglaste Öffnung geschlossen, der Raumabschluss und die Durchsicht erhalten [Wagner, E. /2012/].

Dieses bewirkt eine Resttragfähigkeit, sodass auch nach dem Bruch der Scheibe Lasten aufgenommen werden können und über einen ausreichenden Zeitraum noch Schutz für Leib und Leben besteht [Wagner, E. /2012/].

Die verwendete PVB-Folie erschwert durch ihre zähelastischen Eigenschaften das Durchdringen des Gesamtglaselements erheblich, so dass auch die aktive Sicherheit deutlich erhöht wird [Wagner, E. /2012/].

VSG aus Floatglas zeigt immer die gleichen oder ähnliche Bruchbilder wie Floatglas-Einzelscheiben. Durch die Verklebung mit der PVB-Folie bleibt jedoch im Bruchfalle die Einheit erhalten, eine Öffnung entsteht nur bei sehr hohen Einwirkkräften [Wagner, E. /2012/].

Bei der Verarbeitung von TVG anstelle von Floatglas zu VSG ergeben sich zusätzliche Eigenschaften wie erhöhte mechanische und thermische Belastbarkeit und die Resttragfähigkeit bleibt erhalten [Wagner, E. /2012/].

Wird TVG in Verbindung mit festhaftender Folie verwendet, ergeben sich im Bruchfall größere Stücke. Die so gebrochene Einheit bleibt mit größerer Wahrscheinlichkeit in der Glashaltekonstruktion als zwei thermisch vorgespannte Scheiben im Verbund-Sicherheitsglas, das in sehr kleine Bruchstückchen zerfällt [Schittich, C. et al. /1998/].

Die Kombination mit ESG erhöht die mechanische und thermische Belastbarkeit noch weiter, allerdings fehlt hier die Resttragfähigkeit aufgrund der Krümelbildung bei ESG- Bruch [Wagner, E. /2012/].

Oft lässt die Art der Ausmuschelungen an den Bruchkanten und die Position der gesprungenen Scheibe im VSG-Verbund eine zusätzliche Aussage auf die Lasteinwirkung zu [Wagner, E. /2012/].

Obwohl die Verklebung nicht als absolut schubfester Verbund betrachtet werden darf, reagiert die VSG-Einheit bei kurzzeitiger und hoher Krafteinwirkung entsprechend. Glasbruch entsteht dabei zuerst an der mit Zug belasteten Scheibe. Beim Bruch beider Scheiben wird es in der Regel zu deutlichen Ausmuschelungen am Sprung in der Druckzone kommen, während die Scheibe der Zugzone, sofern überhaupt, nur aufgrund eines evtl. möglichen Zurückfederns geringere Ausmuschelungen aufweisen wird [Wagner, E. /2012/].

Verbund-Sicherheitsglas eignet sich durch seine splitterbindende Eigenschaft und seinen Aufbau aus Einzelgläsern und Folien dazu, Glaskombinationen zu schaffen, die einem Angriff mit stumpfen Schneidwerkzeugen oder Geschossen über einen gewissen Zeitraum standhalten [Schittich, C. et al. /1998/].

Diese Verglasungen mit erhöhten sicherheitstechnischen Eigenschaften kommen neben dem Einsatz in Gebäuden auch bei gepanzerten Sonderschutzfahrzeugen (PKW oder Nutzfahrzeuge) zum Einsatz.

Verbundsicherheitsgläser mit diesen erhöhten sicherheitstechnischen Eigenschaften werden hierbei unterteilt in

- durchwurfhemmende,
- durchbruchhemmende,
- durchschusshemmende und
- sprengwirkungshemmende

Verglasungen.

Die unterschiedlichen Widerstandsklassen ergeben sich durch Kombinationen aus mehreren unterschiedlich dicken Scheiben, verschiedenen Scheibenarten und unterschiedlich dicken PVB-Folienschichten [Wagner, E. /2012/].

Beim Einsatz dieser Scheiben gilt für alle Anwendungen, dass die eigentlichen Glaseigenschaften des Fensters nur dann erreicht werden, wenn auch die Konstruktion des Rahmens den Anforderungen entspricht und auf das Glas abgestimmt ist [Schittich, C. et al. /1998/].

Bei der Auswahl von Verbundsicherheitsgläsern mit erhöhten sicherheitstechnischen Eigenschaften müssen prinzipiell folgende Zusammenhänge beachtet werden [Schittich, C. et al. /1998/]:

- Wird eine Glaseinheit mit Steinen beworfen oder mit einer Axt bearbeitet, so wirkt eine große Masse mit kleiner Geschwindigkeit auf eine größere Angriffsfläche ein.
- Bei einem Schuss aus der Pistole oder Gewehr wirkt eine kleine Masse mit hoher Geschwindigkeit auf eine kleine Angriffsfläche ein.

Durchwurfhemmende Verglasungen werden mit dem Buchstaben A und weiterer Kennzeichnung entsprechend der Widerstandsklasse bezeichnet und sollen verhin-

dern, dass Steine, die auf sie geworfen werden nicht in den dahinterliegenden Raum einschlagen [Schittich, C. et al. /1998/].

Durchbruchhemmende Verglasungen werden mit dem Buchstaben B und weiteren Angaben entsprechend der Widerstandsklasse gekennzeichnet und sollen verhindern, dass bei Angriff mit einer Axt in kurzer Zeit eine Öffnung von mehr als 40 \* 40 cm geschlagen wird [Schittich, C. et al. /1998/].

Das bedeutet in der Praxis, dass in einem Gebäude im Erdgeschoß eine Verglasung gewählt werden sollte, die eine hohe Durchwurffklasseneinteilung oder sogar eine Durchbruchklasseneinteilung aufweist, während in den oberen Geschossen eines Gebäudes infolge der abnehmenden Aufprallenergie eines geworfenen Steines eine Verglasung mit niedriger Klasseneinteilung ausreichend ist [Schittich, C. et al. /1998/].

Durchschusshemmende Verglasungen werden mit dem Buchstaben C und weiteren Angaben entsprechend der Widerstandsklasse gekennzeichnet [Schittich, C. et al. /1998/].

Sprengwirkungshemmende Verglasungen werden mit dem Buchstaben D und weiteren Angaben entsprechend der Widerstandsklasse gekennzeichnet [Schittich, C. et al. /1998/].

Durch das Einlegen von dünnen Silberdrähten in den Verbund des Verbund-Sicherheitsglases kann bei Zerstörung der Scheibe oder bereits bei großer Durchbiegung durch das Reißen des Drahtes ein Stromkreis unterbrochen werden, der zur Alarmgabe verwendet werden kann [Schittich, C. et al. /1998/].

### 2.3. Isolierglas

Isolierglas besteht aus mindestens zwei Einzelscheiben, die durch einen Abstandshalter am Rand voneinander getrennt sind [Schittich, C. et al. /1998/].

Der Scheibenzwischenraum von Mehrscheiben-Isolierglas, meist mit Edelgasfüllung (Argon, Krypton oder Mischungen beider Gase) versehen, ist von der Umgebungsluft hermetisch abgeschlossen [Wagner, E. /2012/].

Zwischen Abstandshalter und den Glasscheiben werden verschiedene Dichtsysteme eingesetzt, die den Scheibenzwischenraum vor eindringender Feuchtigkeit von außen schützen [Schittich, C. et al. /1998/].

Im Abstandshalter befindet sich ein Adsorptionsmaterial, das den hermetisch nach außen abgeschlossenen Scheibenzwischenraum (SZR) entfeuchtet. Werden die Dichtsysteme zerstört und Feuchtigkeit dringt in den Scheibenzwischenraum, erhöht sich die relative Feuchte in ihm, wenn das Trocknungsmittel gesättigt ist. Bei Abkühlung unter den Taupunkt kondensiert diese feuchte Luft. Die Scheibe wird im allgemeinen Sprachgebrauch „blind“ [Schittich, C. et al. /1998/].



## 2.4. Technische Eigenschaften von Glas - Vergleich

Tabelle 2-1 gibt einen Überblick über die technischen Eigenschaften von Standard-Floatglas und thermisch vorgespannten Gläsern (Teilvorgespanntes Glas TVG, Einscheiben-Sicherheitsglas ESG) [Wagner, E. /2012/].

Tabelle 2-1: Technische Eigenschaften von Glas [Wagner, E. /2012/]

Eigenschaft	Maßeinheit	Eigenschaft Floatglas	Eigenschaft TVG	Eigenschaft ESG
Spezifische Dichte $\rho$ (bei 18°C)	[g/cm <sup>3</sup> ]	2,5	2,5	2,5
Poisson-Zahl $\mu$ (EN 572-1)		0,2	0,2	0,2
Biegefestigkeit $f$ (Messwert)	[N/mm <sup>2</sup> ]	ca. 100	ca. 120	ca. 150
Druckfestigkeit	[N/mm <sup>2</sup> ]	700 - 900	700 - 900	700 - 900
Elastizitätsmodul $E$ (EN 572-1)	[N/mm <sup>2</sup> ]	$7,0 \times 10^4$	$7,0 \times 10^4$	$7,0 \times 10^4$
Mechanische Festigkeit, Mindestwert	[N/mm <sup>2</sup> ]	45 (EN 572)	70 (EN 1863)	120 (EN 12150-1)
Ritzhärte	nach Mohs	5 - 6	5 - 6	5 - 6
Linearer Längenausdehnungskoeffizient $\alpha$ (-20 bis +200°C)	[K <sup>-1</sup> ]	$9,0 \times 10^{-6}$	$9,0 \times 10^{-6}$	$9,0 \times 10^{-6}$
Wärmeleitfähigkeitskoeffizient $\lambda$	[W/m·K]	0,8	0,8	0,8
Spezifische Wärmekapazität $c$ (EN 572-1)	[J/(kg K)]	$0,72 \times 10^3$	$0,72 \times 10^3$	$0,72 \times 10^3$
Emissivität $\epsilon$ (korrigiert, EN 572-1)		0,837	0,837	0,837
maximale Gebrauchstemperatur kurzzeitig	[°C]	120	200	250
Maximale Gebrauchstemperatur dauerhaft	[°C]	80	120	200
Temperaturwechselbeständigkeit	[K]	ca. 40	ca. 100	ca. 150 - 200
Brechungsindex $N$ im sichtbaren Bereich (380 – 780 nm, EN 572-1)		1,5	1,5	1,5

## 3. Einsatz von Glas in Kraftfahrzeugen

### 3.1. Gesetzliche Vorgaben für Kraftfahrzeuge

#### 3.1.1. UN/ECE Regelungen

Seit Ende der 50er Jahre werden auf internationaler Ebene die technischen Vorschriften für Kraftfahrzeuge harmonisiert, um Schranken im Handel mit Kraftfahrzeugen und mit Zubehörteilen zum Nutzen der Verbraucher abzubauen [BMVI /2018/].

Grundlage ist ein am 20. März 1958 im Rahmen der Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen (UN/ECE) geschlossenes und mit Wirkung vom 14. September 2017 geändertes Übereinkommen (Revision 3). Dem Übereinkommen gehören zurzeit 54 Vertragsparteien an [BMVI /2018/].

Das Übereinkommen ermöglicht den Erlass einheitlicher technischer Vorschriften für die Genehmigung von Fahrzeugen, Teilen und Ausrüstungsgegenständen von Kraftfahrzeugen sowie die gegenseitige Anerkennung der auf dieser Grundlage erteilten Genehmigung durch die Vertragsparteien des Übereinkommens [BMVI /2018/].

Die Regelungen erfassen die meisten Teile und Ausrüstungsgegenstände von Kraftfahrzeugen, die für die Erteilung einer Betriebserlaubnis für einen Fahrzeugtyp in jeder der Vertragsparteien von Belang sind. Entsprechend dem technischen Fortschritt werden die Regelungen ständig dem jeweiligen Stand der Technik angepasst und durch die Vertragsparteien in nationales Recht übernommen [BMVI /2018/].

Für die Verwendung von Gläsern in der Automobilindustrie ist die Regelung Nr. 43 der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UNECE) — „Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung der Sicherheitsverglasungswerkstoffe und ihres Einbaus in Fahrzeuge“ maßgebend [ECE R 43 2014/].

Die Regelung Nr. 43 befasst sich hierbei mit folgenden Punkten:

- Anwendungsbereich,
- Begriffsbestimmungen,
- Antrag auf Genehmigung,
- Kennzeichnungen,
- Genehmigung,
- Allgemeine Vorschriften,
- Besondere Vorschriften,
- Prüfungen,
- Änderung oder Erweiterung der Genehmigung für einen Typ eines Sicherheitsverglasungswerkstoffes,
- Übereinstimmung der Produktion,
- Maßnahmen bei Abweichung in der Produktion,
- Übergangsbestimmungen,
- Endgültige Einstellung der Produktion,
- Namen und Anschriften der Technischen Dienste, die die Prüfungen für die Genehmigung durchführen und der Typgenehmigungsbehörden.

sowie weiterhin im Detail mit

- Anordnungen der Genehmigungszeichen für Verglasungen,
- Anordnungen der Genehmigungszeichen für Fahrzeuge,
- Allgemeine Prüfbedingungen,
- Windschutzscheiben aus vorgespanntem Glas,
- Scheiben aus gleichmäßig vorgespanntem Glas,
- Windschutzscheiben aus normalem Verbundglas,
- Verbundglasscheiben,
- Windschutzscheiben aus vorbehandeltem Verbundglas,
- Sicherheitsverglasung mit einer Kunststoffoberfläche (auf der Innenseite),
- Glas-Kunststoff-Windschutzscheiben,

- Glas-Kunststoff-Scheiben,
- Mehrscheiben-Isolierglaseinheiten,
- Gruppierung der Windschutzscheiben für die Genehmigungsprüfung,
- Verglasungen aus starrem Kunststoff,
- Verglasungen aus flexiblem Kunststoff,
- Mehrscheiben-Isolierglaseinheiten aus starrem Kunststoff,
- Messung der Segmenthöhe und Lage der Anschlagpunkte,
- Verfahren zur Bestimmung der Sichtbereiche auf den Windschutzscheiben von Fahrzeugen in Bezug auf die „V“-Punkte,
- Verfahren zur Bestimmung des „H“-Punktes und des tatsächlichen Rumpfwinkels für Sitzplätze in Kraftfahrzeugen,
- Kontrollen der Übereinstimmung der Produktion,
- Vorschriften für den Einbau von Sicherheitsverglasungen in Fahrzeuge.

### 3.1.2. Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO)

Wie bereits Abschnitt 2.2 erwähnt müssen in Deutschland nach § 40 der Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung [StVZO /2017/] sämtliche Scheiben, ausgenommen Spiegel sowie Abdeckscheiben von lichttechnischen Einrichtungen und Instrumenten, aus Sicherheitsglas bestehen.

Als Sicherheitsglas gilt Glas oder ein glasähnlicher Stoff, deren Bruchstücke keine ernstlichen Verletzungen verursachen können. Scheiben aus Sicherheitsglas, die für die Sicht des Fahrzeugführers von Bedeutung sind, müssen klar, lichtdurchlässig und verzerrungsfrei sein [StVZO /2017/].

## **4. Mechanische Zerstörung und Bearbeitung von Gläsern im Rahmen der techn. Hilfeleistung bei Verkehrsunfällen**

### 4.1. Vorschriften und Richtlinien

#### 4.1.1. Feuerwehr-Dienstvorschriften (FwDV)

Feuerwehr-Dienstvorschriften (FwDV) regeln die Tätigkeiten der Feuerwehr in Deutschland.

Diese werden durch den Ausschuss Feuerwehrangelegenheiten, Katastrophenschutz und zivile Verteidigung (AFKzV) verabschiedet und den Bundesländern zur Einführung empfohlen [BBK /2018/].

Die Feuerwehr-Dienstvorschrift 1 [FwDV 1 /2007/] geht auf die Grundtätigkeiten - Lösch- und Hilfeleistungseinsatz - und hier u.a. auf die Persönliche Schutzausrüstung wie

- Warnkleidung,
- Gesichtsschutz,
- Schutzbrille,
- Schnitenschutzkleidung,
- Hitzeschutzkleidung.

ein.

#### 4.1.2. Unfallverhütungsvorschrift Feuerwehr (GUV-V C 53)

Unfallverhütungsvorschriften sind als autonomes Recht für Unternehmer und Versicherte – wie staatliche Gesetze und Verordnungen – verbindlich [...]. Ein Abweichen von diesen Mindestvorschriften ist nicht zulässig [...] [DGUV 205-021 /2012/], [BGI/GUV-I 8663 /2015/].

Nach der Unfallverhütungsvorschrift Feuerwehren gelten u.a. folgende Anforderungen an Feuerwehrangehörige [GUV-V C 53 /2005/]:

- § 12.
  - (1) Zum Schutz vor den Gefahren des Feuerwehrdienstes bei Ausbildung, Übung und Einsatz müssen folgende persönliche Schutzausrüstungen zur Verfügung gestellt werden:
    1. Feuerwehrschanzanzug
    2. Feuerwehrhelm mit Nackenschutz
    3. Feuerwehrschanzhandschuhe
    4. Feuerwehrschanzschuhwerk
  - (2) Bei besonderen Gefahren müssen spezielle persönliche Schutzausrüstungen vorhanden sein, die in Art und Anzahl auf diese Gefahren abgestimmt sind.
- § 14. Für den Feuerwehrdienst dürfen nur körperlich und fachlich geeignete Feuerwehrangehörige eingesetzt werden.
- § 15. Die Feuerwehrangehörigen sind im Rahmen der Aus- und Fortbildung über die Gefahren im Feuerwehrdienst sowie über die Maßnahmen zur Verhütung von Unfällen zu unterweisen.
- § 16. Feuerwehreinrichtungen sind in Stand zu halten und schadhafte Ausrüstungen, Geräte und Fahrzeuge unverzüglich der Benutzung zu entziehen.
- § 17.
  - (1) Im Feuerwehrdienst dürfen nur Maßnahmen getroffen werden, die ein sicheres Tätigwerden der Feuerwehrangehörigen ermöglichen. Im Einzelfall

kann bei Einsätzen zur Rettung von Menschenleben von den Bestimmungen der Unfallverhütungsvorschriften abgewichen werden.

- (2) Die speziellen persönlichen Schutzausrüstungen sind je nach der Einsatzsituation zu bestimmen.
- § 27. (1) Können Feuerwehrangehörige durch Sauerstoffmangel oder durch Einatmen gesundheitsschädigender Stoffe gefährdet werden, müssen je nach der möglichen Gefährdung geeignete Atemschutzgeräte getragen werden.

#### 4.1.3. Richtlinien der Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V. (vfdb)

Die vfdb-Richtlinie „Technisch-medizinische Rettung nach Verkehrsunfällen“ [vfdb-06/01-1 /2010/] soll eine einheitliche Aus- und Fortbildung sowie ein einheitliches Vorgehen bei Einsätzen zur patientengerechten Rettung nach Verkehrsunfällen ermöglichen.

Ziel der technisch-medizinischen Rettung nach Verkehrsunfällen ist

- die Anfahrt der Einsatzkräfte,
- die Rettung und
- die Versorgung mit anschließendem Patiententransport in eine geeignete Behandlungseinrichtung

innerhalb 60 Minuten („Goldene Stunde des Schocks“) [vfdb-06/01-2 /2011/].

Geht man davon aus, dass bis zur Ankunft der Einheiten von Feuerwehr und Rettungsdienst bereits durchschnittlich 20 Minuten durch Meldung des Unfalls, Alarmierung, Ausrücken und Anfahrt vergangen sind sowie für die rettungsdienstliche Versorgung nach der Befreiung und den Transport in das nächst geeignete Krankenhaus erneut 20 Minuten vergehen, so bleiben für die technisch-medizinische Rettung des Patienten ebenfalls 20 Minuten [vfdb-06/01-1 /2010/].

Unter einer patientengerechten Rettung wird eine Rettung verstanden, die für den jeweiligen Patienten anhand dessen Verletzungsmuster „maßgeschneidert“ wird. Die Entscheidung über den anzustrebenden Rettungsmodus wird in Absprache zwischen Rettungsdienst und Feuerwehr getroffen [vfdb-06/01-1 /2010/].

Aus dieser Definition ergeben sich drei mögliche Rettungsmodi [vfdb-06/01-1 /2010/]  
[vfdb-06/01-2 /2011/]:

- **Sofortrettung**  
Sofortrettung ist die schnellstmögliche Rettung, unter Tolerierung einer möglichen weiteren Schädigung des Patienten, aus unmittelbarer Gefahr oder aufgrund medizinischer Rahmenbedingungen.
- **Schnelle Rettung**  
Schnelle Rettung ist die schnellstmögliche Rettung des Patienten unter Beachtung zeitlicher, einsatztaktischer und medizinischer Aspekte. Um die Zeit bis zum Kliniktransport zu minimieren ist bei der schnellen Rettung ein Zeitfenster von 20 bis 30 Minuten anzustreben.
- **Schonende Rettung**  
Schonende Rettung ist eine Rettung, bei der der zeitliche Aspekt, aufgrund des diagnostizierten Verletzungsmusters, in den Hintergrund rückt. Hier kann in Einzelfällen das Zeitfenster nach ärztlicher Rücksprache auch größer als das der „Schnellen Rettung“ sein.

Bei eingeklemmten Patienten ist in aller Regel von einer schweren Verletzung auszugehen, in diesen Fällen ist eine schnelle Rettung anzustreben.



Die Richtlinie [vfdb-06/01-1 /2010/] führt folgende Mindestausstattungsempfehlung für den Patienten- und Eigenschutz auf (siehe Tabelle 4-1).

Tabelle 4-1: Mindestausstattungsempfehlung – Auszug: Patienten- und Eigenschutz [vfdb-06/01-1 /2010/]

Patienten- und Eigenschutz	
Persönliche Schutzausrüstung TR (PSA-TR) (vgl. vfdb 08/05/GUV-I 8675)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einsatzjacke und Einsatzhose DIN EN 531 (A1, B1, C1), optional DIN EN 469</li> <li>• Helm</li> <li>• Gesichtsschutz (DIN EN 14458, mindestens B)</li> <li>• Handschuhe (DIN EN 388, optional DIN EN 659)</li> <li>• Stiefel (DIN EN 15090, Typ 2 I oder Typ 2 II)</li> <li>• Warnkleidung (DIN EN 471, im öffentlichen Straßenverkehr)</li> <li>• Augenschutz (BGR/GUV-R 192, mind. 3/B, 3B)</li> <li>• Staubschutzmaske (DIN EN 149, FFP 2)</li> <li>• Infektionsschutzhandschuhe (DIN EN 455 AQL ≤ 1,5)</li> </ul>
Patientenschutz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Patientenschutzfolie o. ä.</li> <li>• 1 harter bzw. semiharter Patientenschutz (Schutzschildfunktion, dient zum mechanischen Schutz des Patienten bei Schneid-, Spreiz- oder sonstigen Maßnahmen )</li> </ul>

Nach [vfdb-06/01-1 /2010/] ist Ziel des Patientenschutzes, weitere Verletzungen des Patienten durch Umwelteinflüsse, scharfe Kanten, Splitter, Staub und mechanische Einwirkungen (z.B. beim Einsatz hydraulischer Rettungsgeräte) auszuschließen.

Hierbei sind folgende Maßnahmen zu treffen [vfdb-06/01-1 /2010/]:

- Der Patient sollte z.B. durch das Spannen von Planen/Decken vor Regen und Schnee geschützt werden.
- Der Wärmeerhalt mit Wolldecken und Folien ist sicherzustellen.
- Die Verwendung von flexibel geführten Flutlichtstrahlern und/oder Heizdecken oder Warmluftgebläsen kann darüber hinaus zum Wärmeerhalt bzw. zur aktiven Erwärmung des Patienten beitragen. Die Wirkung von Flutlichtstrahlern zur Wärmeerhaltung wird in der Praxis meistens überschätzt.
- Entstandene scharfe Kanten sind umgehend abzudecken.
  - Das Ziel des Kantenschutzes ist es, Einsatzkräfte und Patienten vor Verletzungen durch (entstandene) scharfe Kanten zu schützen, da derartige Verletzungen auch immer eine potentielle Infektionsgefahr bedeuten.
  - Maßnahmen: Abdecken, Abkleben, Umbiegen oder Abschneiden von entstandenen Kanten.
  - Zum Abdecken eignen sich am besten spezielle Kantenschutzsets oder Decken, die nur zu diesem Zweck mitgeführt werden, da diese, anders als Behelfsmaterial wie Krankenhausdecken oder Verkehrsleitkegel, immer sicher zur Verfügung stehen.
- Bei Arbeiten mit Rettungsgeräten bzw. beim Entfernen von Fahrzeugverglasung ist der Patient abzudecken oder die Arbeitsstelle abzuschirmen.
  - Zum Abdecken des Patienten sollte vorzugsweise eine durchsichtige Folie oder Schutzplane zum Einsatz kommen.
  - Zur Abschirmung der Arbeitsstelle eignen sich insbesondere flexible Plexiglasschilder, die auch mechanisch belastbar sind.
  - In besonderen Einsatzlagen kann der Patient ggf. zusätzlich durch einen Helm (z.B. Waldarbeiterhelm) geschützt werden.

- Dem Einatmen von entstehendem Staub (z.B. beim Durchtrennen von Verbund-Sicherheitsglas) kann durch Abdecken des Patienten mit einer Schutzfolie begegnet werden.

## 4.2. Glasmanagement

Insassen von Unfallfahrzeugen und Einsatzkräfte können durch Glassplitter oder Glasstaub gefährdet werden [Beneke, N., et al. /2012/].

Um dies auszuschließen, muss ein zielgerichtetes Glasmanagement betrieben werden, d. h. es müssen geeignete Maßnahmen ergriffen werden, um die Fahrzeugverglasung so zu entfernen, dass möglichst keine Glasbestandteile ins Fahrzeuginnere eindringen können [Beneke, N., et al. /2012/].

Außerdem ist dafür Sorge zu tragen, dass auch im Umfeld des Unfalls weder Personen noch Geräte durch Glasreste verletzt oder beschädigt werden können [Beneke, N., et al. /2012/].

Die Richtlinie [vfdb-06/01-1 /2010/] "Technisch-medizinische Rettung nach Verkehrsunfällen" befasst sich ebenfalls mit der Thematik „Glasmanagement“ um Verletzungen von Patienten oder Einsatzkräften durch die Fahrzeugverglasung auszuschließen.

Hierzu ist eine Unterscheidung der Glasarten Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG) (i.d.R. in Seiten- und Heckscheiben sowie in Schiebedächern) sowie Verbund-Sicherheitsglas (VSG) (i.d.R. in Frontscheiben, Heckscheiben, ggf. Seitenscheiben und Glasdächer) erforderlich [vfdb-06/01-1 /2010/].

Die Art der Verglasung lässt sich oft am Herstelleraufdruck in der Ecke der Scheibe erkennen. Abkürzungen wie „VSG“ oder „laminated“ weisen auf Verbund-

Sicherheitsglas hin, „tempered“ und „ESG“ lassen auf Einscheiben-Sicherheitsglas schließen [Heck, J., Springer, jun. H. /2004/].

Auf Polycarbonatglas wird nicht weiter eingegangen, da in der Regel keine Gefährdungen für Patienten davon ausgehen [vfdb-06/01-1 /2010/].

Scheiben aus ESG im Arbeitsbereich können bei Krafteinwirkung ggf. schlagartig zerspringen. Für ESG gilt deshalb nach [vfdb-06/01-1 /2010/]:

- Scheiben aus ESG im Umfeld des Arbeitsbereiches von Rettungsgeräten werden vor Durchführung der Arbeiten kontrolliert entfernt oder kontrolliert zerstört.
- Fahrzeugtüren mit Scheiben aus ESG werden nicht mit intakter Scheibe entfernt.

[Beneke, N., et al. /2012/] weisen ebenfalls daraufhin, dass vor dem Einsatz von Rettungsgeräten (z. B. hydraulische Spreizer und Schneidgeräte, Säbelsägen o. Ä.) alle Scheiben aus Einscheiben-Sicherheitsglas vollständig entfernt werden müssen, damit diese nicht unkontrolliert zerspringen.

Am schnellsten kann die Zerstörung von Scheiben aus ESG mit einem Federkörner oder einem Nothammer bewerkstelligt werden. Dabei ist darauf zu achten, dass der Federkörner an einer Ecke der Scheibe (nicht in der Scheibenmitte!) angesetzt wird [Beneke, N., et al. /2012/].

Wenn die Möglichkeit besteht, die Fensterscheiben abzulassen, sollten die Scheiben soweit versenkt werden, damit nur noch ein kleiner Teil herausragt, der angekörrt werden kann. Ansonsten muss beim Zerstören der Scheiben durch das Gegenhalten eines Schutzschildes, einer Decke o. Ä. beziehungsweise durch das Abkleben der Scheiben mit breiten Klebestreifen oder geeigneten Folien verhindert werden, dass Glassplitter ins Innere des Fahrzeugs gelangen können [Beneke, N., et al. /2012/].

Inzwischen werden nahezu alle Frontscheiben sowie immer mehr Heck- und Seitenscheiben von höherwertigen Pkw aus Verbund-Sicherheitsglas hergestellt. Eine oder mehrere eingeklebte Folienschichten halten bei diesem Glastyp die Glasschichten auch nach einer Beschädigung zusammen. Daher müssen Scheiben aus Verbundglas nicht zwangsweise entfernt werden [Beneke, N., et al. /2012/].

Scheiben aus VSG im Arbeitsbereich werden bei Kraftereinwirkung zwar beschädigt, können aber nicht schlagartig zerspringen. Gleichzeitig muss eine derartige Verglasung, wenn sie nicht komplett aus dem Fahrzeug entnommen werden kann (z.B. bei gummigefassten Frontscheiben), mit entsprechendem Werkzeug getrennt werden. Hierbei entstehen häufig Erschütterungen, Staub und Lärm [vfdb-06/01-1 /2010/].

Für VSG gilt deshalb [vfdb-06/01-1 /2010/]:

- Scheiben aus VSG werden nur getrennt, wenn der Zugang einsatztaktisch notwendig ist oder dies zur Durchführung einer Schnitttechnik erforderlich ist (z.B. Dachentfernung).
- Fahrzeugtüren mit Scheiben aus VSG können mit Scheibe entfernt werden.
- Beim Trennen von VSG ist die Anzahl der Schnitte so weit wie möglich zu reduzieren. Eine beweglich eingebaute Seitenscheibe aus VSG kann beispielsweise durch einen einzigen Schnitt an der Fensterunterkante entfernt werden.

Nach Blasczyk, A. und Himmelreich, U. [Beneke, N., et al. /2012/] ist beim Sägen bzw. Reißen von Verbundglasscheiben darauf zu achten, dass Glasstaub und Glasplitter möglichst nicht ins Innere eines Fahrzeuges oder Raums gelangen. Zum Schutz von Personen im Innern eignen sich Decken, spezielle festere Folien und Schutzschilde. Bei Glassägen ist zu beachten, dass diese in Zugrichtung (von der Scheibe weg) arbeiten. Glasstaub und Rest sind stets sofort aus dem Arbeitsbereich zu entfernen, damit es nicht zu Verletzungen von Personen und Beschädigungen von Geräten kommen kann.

Für beide Glasarten ESG und VSG gilt weiterhin [vfdb-06/01-1 /2010/]:

- Der Patient und die eingesetzten Rettungskräfte sind grundsätzlich vor Staub und Splintern zu schützen (Patientenschutzmaßnahmen wie Schutzbrille, Staubschutzmaske).
- Entstandene Kanten sind abzudecken (Kantenschutz).
- Glasreste auf dem Boden sollten aufgrund der Unfallgefahr nach Möglichkeit aus dem Arbeitsbereich entfernt werden.

Bei Versuchen von [Heck, J., Springer, jun. H. /2004/] zeigte sich auch, dass die steigende Zahl der elektrischen Komforteinrichtungen wie z.B. die elektrischen Fensterheber, die elektrische Sitz- und Lenkradverstellung oder auch das elektrische Schiebe- und Faltdach die Rettungsarbeiten in die Länge ziehen können. So konnte zum Beispiel bei keinem der zur Verfügung stehenden PKW auch nur eine Scheibe manuell in der Tür versenkt werden.

### 4.3. Werkzeuge zur geplanten Zerstörung von Glas

Wie bereits erwähnt gibt es Möglichkeiten, um eine Zerstörung von Glas in Kraftfahrzeugen zu umgehen oder zumindest die Folgen einer solchen Zerstörung, wie die Entstehung von Glassplittern und bzw. Glasstaub zu minimieren.

Dennoch stehen den Feuerwehren zahlreiche Werkzeuge und Geräte zur Verfügung, um im Rahmen einer technischen Hilfeleistung bei Verkehrsunfällen die entsprechenden Verglasungen zu entfernen oder zu zerstören.

Einige dieser Werkzeuge und Geräte dienen nicht ausschließlich dem Zweck der Zerstörung von Glas, haben sich jedoch im Laufe der Zeit bei unterschiedlichsten Einsätzen als zweckdienlich hierfür herausgestellt.

#### 4.3.1. Glas-Master

Der Glasmaster ist ein manuelles Glasschneidewerkzeug zum Heraustrennen von verklebten Scheiben in kurzer Zeit, ohne Einsatz von elektrischen/ hydraulischen Geräten. Das Original kommt hierbei aus den USA [Glas-Master /2018/].

Der Glas-Master reagiert beim Sägen nur auf Zug (entgegengesetzt der herkömmlichen Technik). Im gummiummantelten Handgriff des Glasmaster wird der selbstschlagende Federkörper aufbewahrt [Glas-Master /2018/].

Gemäß der Bedienungsanleitung [Glas-Master /2018/] ist zu beachten, dass während des Einsatzes immer folgende Sicherheitsregeln zu befolgen bzw. vollständige Einsatzkleidung zu tragen ist, insbesondere

- Augenschutz,
- Handschuhe,
- Während des Sägens den Mund schließen,
- Bedecken der Opfer mit Decken oder ähnlichem.

Ein Heraussägen der Scheibe mittels Glasmaster ist verhältnismäßig laut und wird von Erschütterungen, welche für den Patienten nachteilig sein können, begleitet [Feuerwehr Magazin /2010/].

Die Abbildungen 1 und 2 zeigen den Einsatz eines Glas-Masters.



#### 4.3.2. Säbelsäge

Bei der Säbelsäge handelt es sich um eine handgeführte Elektrosäge. Diese ist auch unter den Namen Recipro-, Tigersäge oder Elektrischer-Fuchsschwanz bekannt. Während dieses Gerät zur technischen Hilfeleistung in den Feuerwehren in den USA und Großbritannien schon seit längerer Zeit standardmäßig zum Einsatz kommt, gehört es in Deutschland erst seit einigen Jahren zur Normbeladung von Feuerwehrfahrzeugen [Säbelsägen /2015/].



Säbelsägen werden in unterschiedlichen Leistungsklassen angeboten. Diese sind sowohl mit Netz- als auch mit Akkubetrieb erhältlich, sollten für den Feuerwehrgebrauch aber mindestens eine Leistung von 1000 W aufweisen [Säbelsägen /2015/].

Die Abbildungen 3 und 4 zeigen den Einsatz einer Säbelsäge.

	
<p><i>Abbildung 3:</i> Beispiel für eine Säbelsäge [Kullik, D. /2017-3/]</p>	<p><i>Abbildung 4:</i> Einsatz einer Säbelsäge beim Schneiden einer PKW Frontscheibe aus VSG [Kullik, D. /2017-3/]</p>

Säbelsägen sind auf Grund der Möglichkeit des Sägeblattwechsels für die unterschiedlichsten Materialien geeignet, weshalb sie besonders für den Feuerwehreinsatz prädestiniert sind.

Für die folgenden Materialien bieten die Hersteller inzwischen entsprechende Sägeblätter an [Säbelsägen /2015/]:

- Holz,
- Kunststoffe,
- Glas,
- Metalle,
- Aluminium,
- Holz und Metall,

- Beton,
- Hochlegierte Stähle,
- Gusseisen.

Insbesondere für den Bereich der technischen Hilfe bei Verkehrsunfällen bieten diese eine Alternative zum Einsatz bspw. hydraulischer Rettungsgeräte, um bestimmte Fahrzeugteile wie Fahrzeugdächer schnell zu durchtrennen oder entsprechende Öffnungen zu schaffen.

Tabelle 4-2 stellt die Vor- und Nachteile einer Säbelsäge gegenüber.

Tabelle 4-2: Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile einer Säbelsäge [Säbelsägen /2015/]:

Vorteile	Nachteile
Handlicher und leichter als bspw. hydraulische Rettungsgeräte	Sehr starke Vibrationen möglich
Schneller Aufbau möglich	Starke Lärmbelastigung
Geringes Gewicht	Sehr harte Materialien lassen sich nicht schneiden
Einsatz spezieller Schnittschutzkleidung nicht notwendig	Bei Akkubetrieb begrenzte Anzahl an Schnitten möglich
Kostengünstigere Anschaffung als bspw. hydraulische Rettungsgeräte	Geringere Leistungsfähigkeit als bspw. Kettensägen oder hydraulische Rettungsgeräte
Auch Nischen erreichbar, welche mit größeren Geräten nicht erreichbar sind	
Keine Brandgefahr durch Funkenflug	
Flexibel einsetzbar wenn Ausführung mit Akkubetrieb	
Keine vorgeschriebenen Wartungsintervalle	

Säbelsägen erzeugen einen Schalldruckpegel von ca. 84 dB(A) [Makita /2018/].

#### 4.3.3. Federkörner

Anders als beim normalen Körner, bei welcher die Vertiefung durch Schlagen eines Hammers auf den Körner erfolgt, erfolgt die Körnung beim Federkörner mittels Federkraft (Abbildung 5, 6, 7).

Wie bereits erwähnt, können Scheiben aus Einscheiben-Sicherheitsglas am schnellsten mit einem Federkörner zerstört werden. [Beneke, N., et al. /2012/].

Vor dem Einsatz des Federkörners wird die Scheibe in der Regel abgeklebt um ein Hineinfallen der Splitter in das Fahrzeuginnere zu vermeiden. Dann wird der Federkörner am Rand der Scheibe angesetzt und auf das Glas gedrückt. Durch den Druck schnellt die Stahlspitze gegen das Glas und lässt es zerplatzen. Der Ansatzpunkt am Rand der Scheibe ist wichtig, um ein Durchstoßen beim Zerplatzen der Scheibe zu verhindern und eine weitere Verletzungsgefahr auszuschließen [FW-Hof /2018/].

[Beneke, N., et al. /2012/] empfehlen, dass der Federkörner an einer Ecke der Scheibe (nicht in der Scheibenmitte!) angesetzt wird.



Abbildung 5: Beispiel für einen Federkörner [Kullik, D. /2017-3/]



Abbildung 6: Ansetzen und Spannen eines Federkörners [Kullik, D. /2017-3/]



Abbildung 7: Rissbild bei der Zerstörung einer Seitenscheibe mit Federkörner [Kullik, D. /2017-3/]

In seiner Funktionsweise dem Federkörner ähnlich ist der sogenannte Nothammer oder auch Rettungshammer (Abbildung 8 und 9). Dieser dient ebenfalls der kontrollierten Zerstörung von Einscheiben-Sicherheitsglas, wird jedoch hauptsächlich zur Selbstrettung der Insassen, überwiegend in Omnibussen, Zügen oder Verkehrsmitteln des öffentlichen Personennahverkehrs, verwendet.

Ähnlich wie der Federkörner besitzt dieser eine Stahlspitze oder einen Dorn, mit dem das entsprechende Glas zerstört wird. Im Bereich des Feuerwesens finden solche Nothämmer eher selten Verwendung. Hier kommen eher die bereits erwähnten Federkörner zum Einsatz [Kullik, D. /2017-3/].



Abbildung 8: Beispiel eines Nothammers mit integriertem Gurtmesser [Kullik, D. /2017-3/]



Abbildung 9: Beispiel eines Nothammers, an der Fahrzeugwand montiert [Kullik, D. /2017-3/]

#### 4.3.4. Blechaufreißer

Ein immer häufiger eingesetztes Werkzeug zur Bearbeitung von Fahrzeugteilen ist der Blechaufreißer (Abbildung 10). Dieser wird aufgrund seiner gehärteten Stahlschneide neben dem Aufreißen von dünnen Blechen auch beim Auftrennen von Glas und anderen Verbundwerkstoffen verwendet [Feuerwehr Magazin /2010/].

Bei den Feuerwehren ist dieser oft in ein sogenanntes Halligan-Tool, ein Werkzeug zum gewaltsamen Aufhebeln von beispielsweise verschlossenen Türen integriert. Ein solches Halligan-Tool ist in zwei unterschiedlichen Varianten auf dem Markt erhältlich: In Blechaufreißer- oder Hebelklauenausführung [Weber /2018/].



Abbildung 10: Beispiel für einen Blechaufreißer [Kullik, D. /2017-3/]

Gegenüber den anderen Werkzeugen zur mechanischen Zerstörung von Autoglasscheiben bieten diese Geräte folgende Vorteile:

- Es kommt zu weniger Fahrzeugschütterungen als bei elektrischen, hydraulischen Geräten oder einer Glassäge.
- Die Lärmemission wird gering gehalten.
- Es kann sehr schnell zum Einsatz gebracht werden [Cimolino, U. et al. /2003/].
- Die Entstehung von Glasstaub wird durch die Bildung großer Bruchstücke deutlich minimiert [Feuerwehr Magazin /2010/].

#### 4.3.5. Winkel- bzw. Trennschleifer

Das Funktionsprinzip des Winkel- bzw. Trennschleifers (Abbildung 11) beruht auf einer durch einen Motor angetriebenen schnell rotierenden Trennscheibe, welche sich mit einer Geschwindigkeit von bis zu 20 000 U/min dreht (abhängig vom Gerätetyp und -hersteller).

Da diese Trennscheiben auf Grund ihrer Drehbewegung starken mechanischen Belastungen ausgesetzt sind, werden diese durch eine Gewebeeinlage verstärkt. Hierdurch soll ein Auseinanderbrechen der Scheiben verhindert werden. Die notwendige Flexibilität wird durch eine elastische Kunststoffharzbindung erreicht [THW-Trennschleifer /2018/].

Durch die unterschiedlichen Zusammensetzungen der Scheiben können auch unterschiedliche Materialien wie Metall, Stein, Beton und Keramik bearbeitet werden. Deutliche Nachteile dieses Gerätes sind die starke Funkenbildung sowie der hohe Lärmpegel [THW-Trennschleifer /2018/].

Winkelschleifer erzeugen Schalldruckpegel bis zu ca. 100 dB(A) [Stihl-1/2018/] bzw. 108,6 dB(A) [Makita-2 /2018/].



Abbildung 11: Beispiel für einen Winkel- bzw. Trennschleifer [Kullik, D. /2017-3/]

#### 4.3.6. Zwillingsägen

Nach [Cimolino, U. et al./2003/] verfügen Zwillingsägen (Doppelblattsäge, TwinSaw®) über zwei gegenläufige spezielle Sägeblätter, die im Verhältnis zum üblichen einscheibigen Trennschleifer relativ langsam rotieren (ca. 1.900 U/min nach [TwinSaw® /2011/]).

Abbildung 12 zeigt ein Beispiel für eine Zwillingsäge.

Nach Angaben des Herstellers [TwinSaw® /2011/] hat die TwinSaw® folgende Eigenschaften:

- Reaktionsfreies Trennen, die Wirkung der beiden Sägeblätter heben sich auf,
- Trennen in jeder Lage und Richtung,
- Problemloses Eindringen in jede Art von Oberfläche,
- Hochleistungstrennen direkt am Opfer,
- Ultraschärfe, feinste Materialien werden getrennt, auch Seitenaufprallschutz,
- Planmäßigeres Arbeiten mit erheblich größerer Sicherheit,
- Unübertreffbare Vielseitigkeit,
- Trennen von abrasiven Materialien im Einblattbetrieb möglich.

[TwinSaw® /2011/] gibt folgende Werkstoffe an, die gesägt werden können:

- für den Doppelblattbetrieb:
  - Holz,
  - Bitumen,
  - Aluminium,
  - Stahlblech,
  - Stahl,
  - Edelstahl,
  - Kunststoff,
  - GFK,

- Karbonfaser,
- Gips
- für den Einblattbetrieb
  - Beton,
  - Stein,
  - Panzerglas,
  - Massiv-Kunststoffe

Die TwinSaw<sup>®</sup> erzeugt einen Schalldruckpegel von 84,5 dB [TwinSaw<sup>®</sup> /2011/].

Nach [Cimolino, U. et al./2003/] ist das Arbeiten deutlich ruhiger als mit der Rettungskettensäge. Eine saubere Schnittführung ist möglich. Aufgrund der langsameren Rotation entstehen im Verhältnis zum Trennschleifer zwar weniger Funken, aber ein funkenfreies Arbeiten ist auch damit nicht garantiert. Die Sägeblätter verschleifen im harten Rettungs-/Bergungseinsatz auch relativ schnell und sind als Satz sehr teuer. Problematisch ist aber, dass die Sägeblätter bei der geringsten Verkantung brechen. Weiterhin ist auf ausreichende Schmierung zu achten. Das Schmiermittel ist zwar im Griff integriert, der Tank muss aber regelmäßig mit speziellem Schmiermittel nachgefüllt werden.



Abbildung 12: Beispiel für eine Zwillingsäge [Kullik, D. /2017-3/]



#### 4.3.7. Hydraulische Schneidgeräte (Rettungsschere)

Hydraulische Schneidgeräte zählen mitunter zu den wichtigsten Einsatzmitteln bei einem Verkehrsunfall. Klassisch wird das Schneidgerät zum Durchtrennen der Fahrzeugsäulen beim Entfernen des Daches benötigt [Feuerwehr Magazin /2010/] [39].

Entscheidend für den einsatztaktischen Erfolg einer Rettungsschere sind neben den Schneidkräften, welche inzwischen bis 1100 kN reichen, auch die Form der Schneidmesser [Feuerwehr Magazin /2010/].

Trotz dessen, dass hydraulische Schneidgeräte bei Verkehrsunfällen zu den wichtigsten Einsatzmitteln zählen, spielen sie im Hinblick auf die Zerstörung von Autoglas eher eine untergeordnete Rolle. Hier kommen sie meist lediglich zum Schaffen einer Angriffsöffnung für ein weiteres Schneidgerät zu Einsatz.

Abbildung 13 zeigt ein Beispiel für eine Rettungsschere.



Abbildung 13: Beispiel für eine Rettungsschere [Kullik, D. /2017-3/]

#### 4.3.8. Rettungskettensäge

Bei Rettungskettensägen handelt es sich vom Grundprinzip her um gewöhnliche Motorkettensägen, wie sie auch in anderen Bereichen bei der Feuerwehr zum Einsatz kommen. Gegenüber diesen unterscheiden sie sich lediglich in ihren Spezialketten für unterschiedlichste Materialien sowie dem integrierten Schnittiefenbegrenzer.

Aufgrund der starken Vibration, die dieses Gerät verursacht, ist es sehr gewöhnungsbedürftig und trägt zur psychischen und physischen Belastung des Patienten negativ bei. Auch bei diesem Gerät kann es leicht zu einem Defekt der Kette kommen, verursacht durch zu hohen Druck oder Verkanten [Cimolino, U. et al.:/2003/].

Beim Arbeiten muss grundsätzlich zusätzliche Schutzausrüstung getragen werden [Beneke, N., et al. /2012/].

Die Rettungskettensäge erzeugt Schalldruckpegel von 108 dB(A) [Stihl-2 /2018/].

Abbildung 14 zeigt ein Beispiel für eine Rettungskettensäge.



Abbildung 14: Beispiel für eine Rettungskettensäge [Kullik, D. /2017-3/]

## 5. Gefährdungsbeurteilung nach Arbeitsschutzrecht

### 5.1. Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) und Unfallverhütungsvorschriften

Das Arbeitsschutzgesetz regelt für alle Tätigkeitsbereiche die grundlegenden Arbeitsschutzpflichten des Arbeitgebers, die Pflichten und die Rechte der Beschäftigten sowie die Überwachung des Arbeitsschutzes nach diesem Gesetz [BMAS /2018/].

Tabelle 13-3 im Anhang zeigt einen Auszug aus dem Arbeitsschutzgesetz [ArbSchG /2015/].

Als Beschäftigte gelten nach diesem Gesetz vor allem Arbeitnehmer und Beamte. Folglich gilt das Arbeitsschutzgesetz für Beschäftigte in Berufs-, Werks- und Betriebsfeuerwehren [DGUV 205-021 /2012/].

Für die rein ehrenamtlich Tätigen in Freiwilligen Feuerwehren findet das Arbeitsschutzgesetz keine unmittelbare Anwendung. Hier haben die Unfallverhütungsvorschriften (UVV „Feuerwehren“) daher eine besondere Bedeutung [DGUV 205-021 /2012/].

Die Angehörigen der Freiwilligen Feuerwehren sind bei ihrer ehrenamtlichen Tätigkeit vielfältigen Gefahren für Gesundheit und Leben ausgesetzt.

Der Bürgermeister hat als oberste Leitung des kommunalen Trägers die Unternehmerfunktion in der gemeindlichen Feuerwehr und trägt dementsprechend die Verantwortung für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Feuerwehrangehörigen [DGUV 205-021 /2012/].

Jedoch können nach [DGUV 205-021 /2012/] folgende Anlässe eine Gefährdungsbeurteilung erfordern, wenn z.B:

- für bestimmte Tätigkeiten (z. B. Arbeiten mit der Motorsäge) keine Feuerwehr-Dienstvorschriften bestehen,
- von Durchführungsanweisungen, Regeln oder Informationen der gesetzlichen Unfallversicherung abgewichen werden soll,
- technische Arbeitsmittel (z. B. Werkzeuge, Maschinen) beschafft oder umgerüstet werden,
- neue Arbeitsstoffe eingesetzt werden (z. B. Desinfektionsmittel, Schaummittel, etc.),
- sich das Einsatzgeschehen ändert (z. B. zunehmende Anforderungen für Motorsägenführer)
- aufgrund steigender Anzahl von Stürmen oder vermehrtem Hochwasser, Tierseuchen, etc.,
- Unfälle, Beinaheunfälle oder arbeitsbedingte Erkrankungen auftreten,
- Einrichtungen (z. B. Feuerwehrhaus) neu oder umgebaut werden oder vorhandene Einrichtungen Problembereiche erkennen lassen,
- Behörden, Verbände oder Unfallversicherungsträger Hinweise auf gefährliche Situationen geben,
- hauptamtliche Kräfte beschäftigt werden (z. B. hauptberufliche Kräfte in ständig besetzten Wachen, Gerätewarte),
- zusätzliche Aufgaben freiwillig übernommen werden (z. B. First Responder Dienst).

## 5.2. Die Schritte einer Gefährdungsbeurteilung

Das Ermitteln von Gefährdungen ist die systematische Bestandsaufnahme aller Möglichkeiten, bei denen Feuerwehrangehörige durch Gefahren Schaden nehmen können und kann anhand der Leitfrage

„Was kann passieren?“

durchgeführt werden [DGUV 205-021 /2012/].

Die Beachtung des DGUV-Regelwerkes und der Feuerwehr-Dienstvorschriften erfüllt im Allgemeinen die Gleichwertigkeit einer Gefährdungsbeurteilung [DGUV 205-021 /2012/].

### 5.2.1. Schritt 1: Ermittlung der Gefährdung

Zur Ermittlung möglicher Gefährdungen benannte die 04/2015 zurückgezogene Richtlinie BGI/GUV-I 8700 „Beurteilung von Gefährdungen und Belastungen am Arbeitsplatz“ eine Übersicht von 11 Gefährdungsgruppen, an denen sich die Ersteller einer Gefährdungsbeurteilung orientieren können [siehe auch DGUV 205-021 /2012/]:

1. Mechanische Gefährdung,
2. Elektrische Gefährdung,
3. Chemische Gefährdung von giftigen, ätzenden oder reizenden Stoffen,
4. Biologische Gefährdung,
5. Brand- und Explosionsgefährdung,
6. Thermische Gefährdung,
7. Physikalische Gefährdung,
8. Erhöhung der Gefährdung durch zusätzliche gefahrbringende Bedingungen,
9. Psychische Belastung,
10. Physische Belastung,
11. Organisationsmängel.

### 5.2.2. Schritt 2: Risikobeurteilung

In Schritt 2 der Gefährdungsbeurteilung erfolgt die Beurteilung des Risikos.

Als Risiko (R) wird das Produkt aus der Wahrscheinlichkeit (W), dass ein Schaden eintritt und den möglichen Folgen (F) bezeichnet [DGUV 205-021 /2012/].

$$\text{Risiko (R)} = \text{Wahrscheinlichkeit (W)} * \text{Folgen (F)}$$

Die Eintrittswahrscheinlichkeit (W) wird gemäß Tabelle 5-1 in fünf Kategorien eingeteilt [DGUV 205-021 /2012/].

Tabelle 5-1: Eintrittswahrscheinlichkeit [DGUV 205-021 /2012/]

Eintrittswahrscheinlichkeit (W)	
0	nie (absolut keine Gelegenheit, auf die Gefahr zu treffen)
1	ausnahmsweise
2	gelegentlich
3	wahrscheinlich
4	immer

Die möglichen gesundheitlichen Folgen (F) werden gemäß Tabelle 5-2 ebenfalls in fünf Kategorien eingeteilt [DGUV 205-021 /2012/].

Tabelle 5-2: Mögliche gesundheitliche Folgen [DGUV 205-021 /2012/]

Folgen (F)		
0	ohne Folgen	
1	gering	leichte, reversible Verletzungen, z. B. kleine Schnittwunden, Abschürfungen, Verstauchungen
2	mäßig	schwere Verletzungen, z. B. Knochenbrüche, Verbrennungen 2. Grades
3	hoch	lebensbedrohliche Verletzungen, schwere bleibende Gesundheitsschäden, z. B. Querschnittslähmung, Erblindung
8	Extremfall	Tod

Mit Hilfe der Risikomatrix [DGUV 205-021 /2012/] kann nun aus der ermittelten Eintrittswahrscheinlichkeit (W) und den zu erwartenden gesundheitlichen Folgen (F) das Risiko (R) abgeschätzt werden.

Tabelle 5-3: Risikomatrix [DGUV 205-021 /2012/]

			Risiko R = W x F				
Wahrscheinlichkeit (W)	immer	4	0	4	8	16	32
	wahrscheinlich	3	0	3	6	12	24
	gelegentlich	2	0	2	4	8	16
	ausnahmsweise	1	0	1	2	4	8
	nie	0	0	0	0	0	0
			0	1	2	4	8
			ohne Folgen	gering	mäßig	hoch	Extremfall (Tod)
			Folgen (F)				



In dieser Matrix lässt sich aus dem Schnittpunkt von Eintrittswahrscheinlichkeit (W) und Folgen (F) direkt die Risikogruppe

- 0;
- 1 – 2 (klein);
- 3 – 6 (mittel) und
- 8 – 32 (groß)

ableiten (siehe Tabelle 5-4).

Tabelle 5-4: Risikogruppe [DGUV 205-021 /2012/]

Risikogruppe	Risiko	Maßnahmen
8 - 32	groß	Maßnahmen mit erhöhter Schutzwirkung dringend notwendig
3 - 6	mittel	Maßnahmen mit normaler Schutzwirkung dringend notwendig
1 - 2	klein	Organisatorische und personenbezogene Maßnahmen ausreichend
0	-	keine zusätzlichen Maßnahmen notwendig

### 5.2.3. Schritt 3: Ableiten von Schutzzielen

Schutzziele beschreiben noch keine Maßnahmen, sondern legen den zu erreichenden Soll-Zustand fest. Dieser kann vielfach aus dem Vorschriften- und Regelwerk entnommen werden, beispielsweise in Form festgelegter Grenzwerte [DGUV 205-021 /2012/].

Vor der Suche nach Maßnahmen ist es wichtig, zu definieren, welches Ziel man damit erreichen will. Damit verringert sich die Gefahr, Maßnahmen mit zu geringer („Tropfen auf den heißen Stein“) oder übertriebener („mit Kanonen auf Spatzen schießen“) Reichweite festzulegen [DGUV 205-021 /2012/].

#### 5.2.4. Schritt 4: Maßnahmen auswählen und auf Wirksamkeit überprüfen

Keine Tätigkeit der Feuerwehr kann unter Ausschluss jeglichen Risikos erfolgen. Es ist aber notwendig, sich darüber im Klaren zu sein, welches Risiko als noch akzeptabel angesehen werden kann. Dieses akzeptable Risiko wird als Grenzkrisiko bezeichnet [DGUV 205-021 /2012/].

Ziel ist es, das höchst akzeptierte Risiko durch die im weiteren Verlauf ergriffenen Maßnahmen so gering wie möglich zu halten.

Die Differenz zwischen dem

festgestellten Risiko (Ist-Zustand)

und dem

akzeptablen Restrisiko (Soll-Zustand)

bestimmt die erforderliche Reichweite von zu ergreifenden Maßnahmen [DGUV 205-021 /2012/].

Die Beseitigung oder Reduzierung der Gefahrenquelle steht dabei an oberster Stelle [DGUV 205-021 /2012/].

Nur wenn dies nicht möglich ist, soll das Wirksamwerden der Gefahrenquelle durch

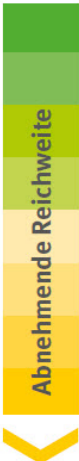
- technische,
- organisatorische Maßnahmen,
- geeignete persönliche Schutzausrüstung und zuletzt durch
- sicherheitsgerechtes Verhalten des Einzelnen

minimiert werden [DGUV 205-021 /2012/].

Die Auswahl geeigneter Maßnahmen orientiert sich an der so genannten Zielhierarchie (siehe Tabelle 5-5).

Es sind Maßnahmen zu treffen, die sich weit oben in der Zielhierarchie befinden, da diese am wirksamsten sind [DGUV 205-021 /2012/].

Tabelle 5-5: Zielhierarchie [DGUV 205-021 /2012/]

	1.	<b>Gefahrenquelle vermeiden/beseitigen:</b> Anderes Arbeitsverfahren, Arbeitsmittel, ...
	2.	<b>Wirksamwerden der Gefahrenquelle technisch ausschließen:</b> Abschirmen, Absperren, Schutzvorrichtung ...
	3.	<b>Wirksamwerden der Gefahrenquelle organisatorisch ausschließen:</b> räumliche/zeitliche Trennung
	4.	<b>Verringern der Einwirkung durch persönliche Schutzausrüstung:</b> Bereitstellen und Tragen persönlicher Schutzausrüstung
	5.	<b>Sicherheitsgerechtes Verhalten des Einzelnen:</b> Gefahrenhinweise

Kosten für die Umsetzung der Maßnahmen müssen bei diesen Betrachtungen nachrangig gegenüber einem wirksamen Schutz der Feuerwehrangehörigen sein [DGUV 205-021 /2012/].

Bei der Festlegung von Maßnahmen ist zu berücksichtigen, dass sich dadurch neue Gefährdungen als „Nebenwirkung“ ergeben können, die wiederum zu beurteilen sind [DGUV 205-021 /2012/].

### 5.2.5. Dokumentation

Nach § 3 Abs. 3 Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention“ [DGUV 1 /2013/] sind das Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung sowie die festgelegten Maßnahmen und das Ergebnis ihrer Überprüfung zu dokumentieren [DGUV 205-021 /2012/].

Die Erfüllung der Dokumentationspflicht ist nicht nur ein formaler Vorgang; sie dient darüber hinaus auch der Rechtssicherheit für Träger und Führungskräfte der Feuerwehr. Im Schadensfall kann so belegt werden, dass den Arbeitsschutzpflichten, insbesondere der Pflicht zur Gefährdungsbeurteilung, nachgekommen wurde [DGUV 205-021 /2012/].

Über die Form der Dokumentation der Ergebnisse der Gefährdungsbeurteilung, der festgelegten Maßnahmen und der Überprüfung der Wirksamkeit können die Verantwortlichen frei entscheiden [DGUV 205-021 /2012/].

Die Dokumentation dient darüber hinaus als Basis für die regelmäßige Unterweisung der Beschäftigten, um über Gefahren und festgelegte Maßnahmen aufzuklären [DGUV 205-021 /2012/].

### 5.2.6. Unterweisung auf Basis der Gefährdungsbeurteilung

Damit die sorgfältig ermittelten Maßnahmen in der Praxis von allen Feuerwehrangehörigen auch umgesetzt und gelebt werden können, müssen diese entsprechend unterwiesen werden. Hierbei ist neben der Theorie auch die Übung in der Praxis besonders wichtig [DGUV 205-021 /2012/].

Nach der Unfallverhütungsvorschrift Feuerwehren [GUV-V C 53] sind die Feuerwehrangehörigen im Rahmen der Aus- und Fortbildung über die Gefahren im Feuerwehrdienst sowie über die Maßnahmen zur Verhütung von Unfällen zu unterweisen“. Die Unterweisung muss erforderlichenfalls wiederholt werden, mindestens aber einmal jährlich erfolgen; sie muss dokumentiert werden.

### 5.2.7. Regelmäßige Überprüfung

Die Gefährdungsbeurteilung berücksichtigt den Ist-Zustand zum Zeitpunkt der Ermittlung [DGUV 205-021 /2012/].

Da sich dieser Zustand verändern kann (z. B. durch Änderungen der Einsatzbedingungen, der Ausrüstung, der baulichen Anlagen), muss die Gefährdungsbeurteilung regelmäßig überprüft und erforderlichenfalls nach diesem Schema aktualisiert werden. Gleichzeitig erfolgt durch das regelmäßige Überprüfen der Gefährdungsbeurteilung eine Kontrolle, ob tatsächlich die einst beschlossenen Maßnahmen umgesetzt werden [DGUV 205-021 /2012/].

-

## 6. Feinstaub - Wirkung auf die menschliche Physiologie – Allgemeine Betrachtungen

Stäube sind disperse Verteilungen fester Stoffe in Gasen, insbesondere Luft, entstanden durch mechanische Prozesse (Zerkleinerung oder Oberflächenbearbeitung) oder durch Aufwirbelung (z.B. Abblasen mit Druckluft oder Trockenkehren mit dem Besen) [VBG /2016/].

Rauch zählt im erweiterten Sinne zu den Stäuben. Rauch wird durch chemische oder thermische Prozesse – zum Beispiel Schweißen – gebildet und besteht ebenfalls aus in der Luft fein verteilten festen Teilchen [VBG /2016/].

Stäube lassen sich physikalisch und biologisch-toxisch in folgende Eigenschaften unterteilen:

- kanzerogen
- fibrogen<sup>2</sup> / irritativ<sup>3</sup>
- toxisch
- sensibilisierend

Außerdem werden Stäube in Hinblick auf ihre Biobeständigkeit / Löslichkeit und die Beschaffenheit ihrer Oberfläche unterschieden [VBG /2016/].

Der Mensch verfügt über ein Atemsystem mit einem effektiven Selbstreinigungsmechanismus (Mukoziliäre clearance). Mit „normalem Schmutz“ wird dieses Filtersystem mühelos fertig und schützt den Menschen ziemlich perfekt. Auf eine übermäßige Belastung durch Stäube ist es jedoch nicht ausreichend ausgelegt [VBG /2016/].

<sup>2</sup> fibrogen: eine Fibrose auslösend. Als Lungenfibrose bezeichnet man einen nicht mehr rückgängig zu machenden Umbau des Lungengewebes in Narbengewebe. Eine Lungenfibrose entsteht als Folge immer wiederkehrender oder lang anhaltender (chronischer) Entzündungen des Lungengewebes [TK /2018/].

<sup>3</sup> als Reiz wirkend

Eine wesentliche Funktion bei der Selbstreinigung der Atemwege spielen die mikroskopisch kleinen Flimmerhärchen, mit denen die Bronchien und deren feinere Verzweigungen, die Bronchiolen, ausgekleidet sind. Sie transportieren durch ständige, gerichtete Bewegungen die im Bronchialschleim abgelagerten Staubteilchen wieder in den oberen Atemtrakt, wo sie dann abgehustet werden können [VBG /2016/].

Durch das Einatmen großer Staubmengen beziehungsweise von toxischen Stäuben kann dieser Reinigungsmechanismus zum Erliegen kommen oder zumindest längere Zeit stark beeinträchtigt werden. Die Folge sind Reizungen oder Entzündungen der oberen Atemwege, vermehrte Schleimabsonderungen und Hustenreiz, Bronchitis und Entzündungen der Bronchien und des Lungengewebes. Umso leichter können dann toxische, krebserzeugende und allergisierende Staubteilchen, wie zum Beispiel Quarzstaub, Schwermetalloxide, Schweißrauche, Holz oder Mehlstäube, ihre schädigende Wirkung in den Atemwegen und in anderen Körperorganen entfalten [VBG /2016/].

Zur Beurteilung der Gesundheitsgefährdung ist neben der Teilchenkonzentration (Staubmasse pro m<sup>3</sup> Atemluft in [mg/m<sup>3</sup>]) insbesondere auch die Teilchengröße von Bedeutung [VBG /2016/].

Weiterhin spielen die Gestalt und die stoffliche Zusammensetzung der Teilchen eine große Rolle [VBG /2016/].

Als Faserstäube werden luftgetragene Partikel aus anorganischen oder organischen Stoffen bezeichnet, die eine längliche Gestalt besitzen [VBG /2016/].

Eine besondere Rolle spielen dabei Fasern, die eine

- Länge von  $> 5 \mu\text{m}$ ,
- einen Durchmesser  $< 3 \mu\text{m}$  haben und ein
- Länge-Durchmesser-Verhältnis von 3 : 1 überschreiten,

da nur sie bis in die tieferen Atemwege vordringen können [VBG /2016/].

Abbildung 15 zeigt anhand von Beispielen die Gefährdungsbeurteilung im Hinblick auf die physikalischen und biologisch-toxischen Eigenschaften von Staub [VBG /2016/].

Die in der Luft am Arbeitsplatz auftretenden Stäube werden beim Atmen inhaliert und gelangen so in die verschiedenen Bereiche der Atmungsorgane.

Man unterscheidet hierbei zwei Größenklassen:

- Einatembare Fraktion (E-Fraktion): Größere Partikel werden bereits in den oberen Luftwegen, also im Nasen- und Rachenraum, abgeschieden.
- Alveolengängige Fraktion (A-Fraktion): Nur die kleineren Teilchen erreichen die tieferen Atemwege, die Alveolen oder Lungenbläschen [VBG /2016/].



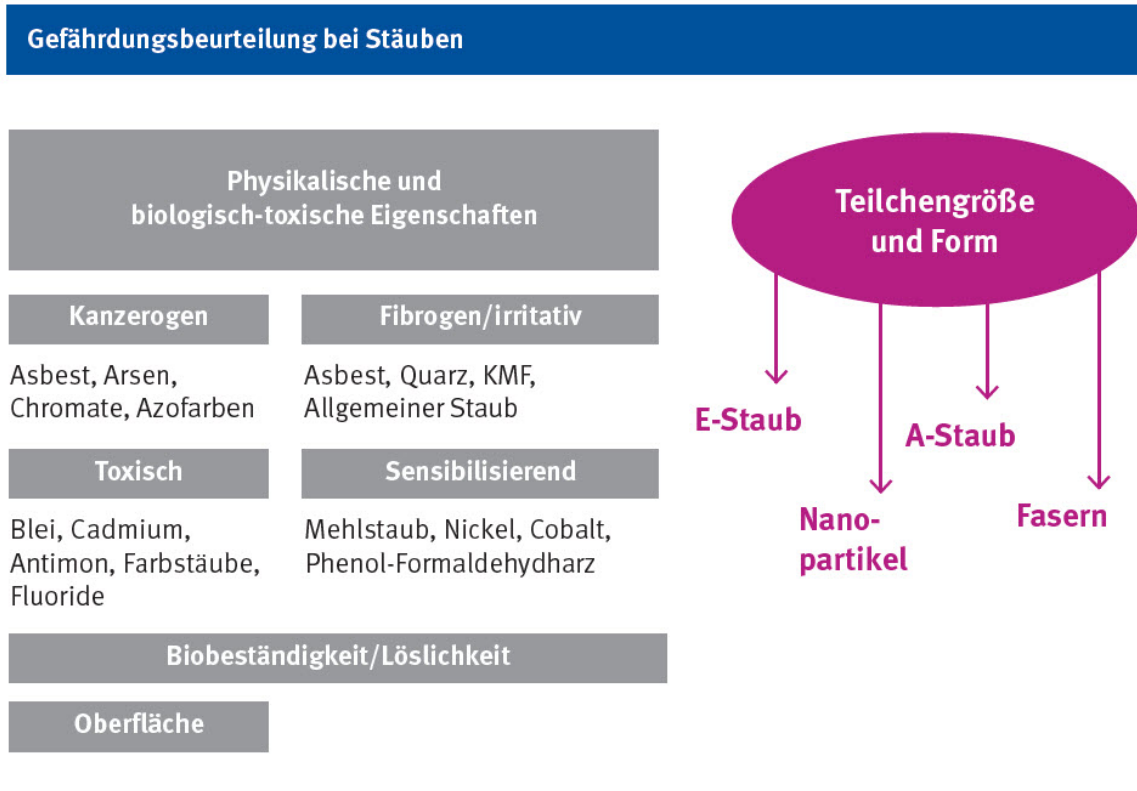


Abbildung 15: Gefährdungsbeurteilung bei Stäuben [VBG /2016/]

Abbildung 16 zeigt die Lungengängigkeit von Aerosolen im Atemtrakt also der Nasen- und Rachenraum sowie der Lunge mit ihren Bronchien und Alveolen in Abhängigkeit von der Teilchengröße [VBG /2016/].

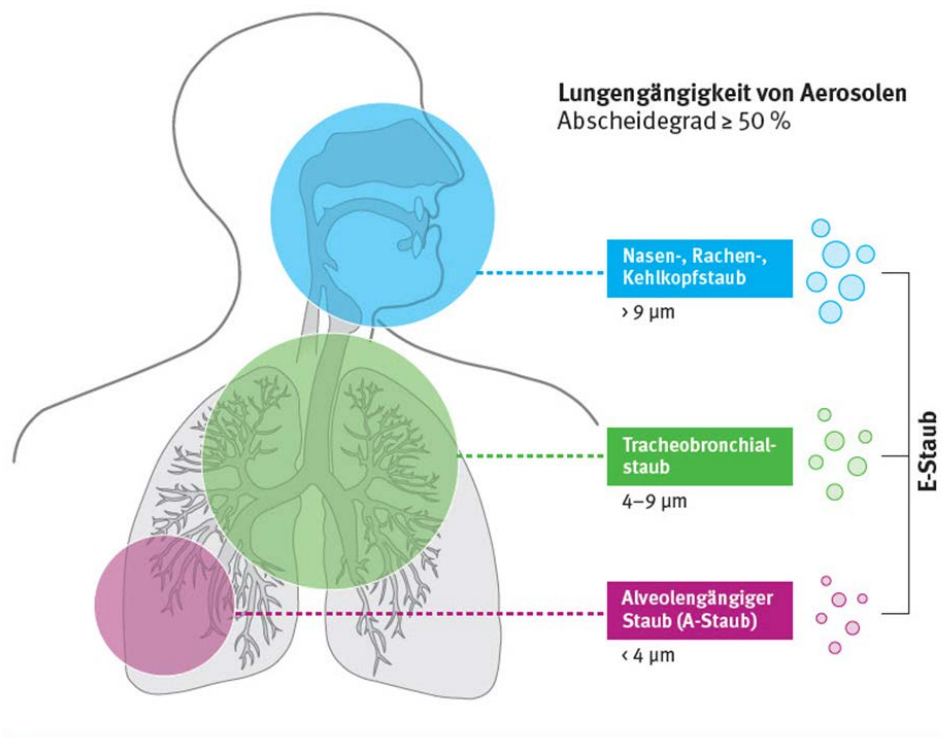
Lungengängigkeit von Aerosolen (Abscheidegrad  $\geq 50\%$ )

Abbildung 16: Lungengängigkeit von Aerosolen im Atemtrakt (Abscheidegrad  $\geq 50\%$ ) [VBG /2016/]

Die einzelnen Schadstoffe können, je nach Art ihrer Entstehung, in ganz unterschiedlichen Teilchenfraktionen auftreten und dort, entsprechend ihrer toxischen Eigenschaften, über den Luftgrenzwert individuell begrenzt sein. Die Beurteilung gesundheitsgefährlicher Stäube am Arbeitsplatz setzt deshalb neben der Kenntnis der Anteile des A- und E-Staubes auch das Wissen um die Schadstoffverteilung innerhalb der einzelnen Fraktionen voraus (siehe auch Abbildung 17). Es muss hierbei eine Differenzierung nach Teilchengröße, Gestalt und stofflicher Zusammensetzung erfolgen [VBG /2016/].

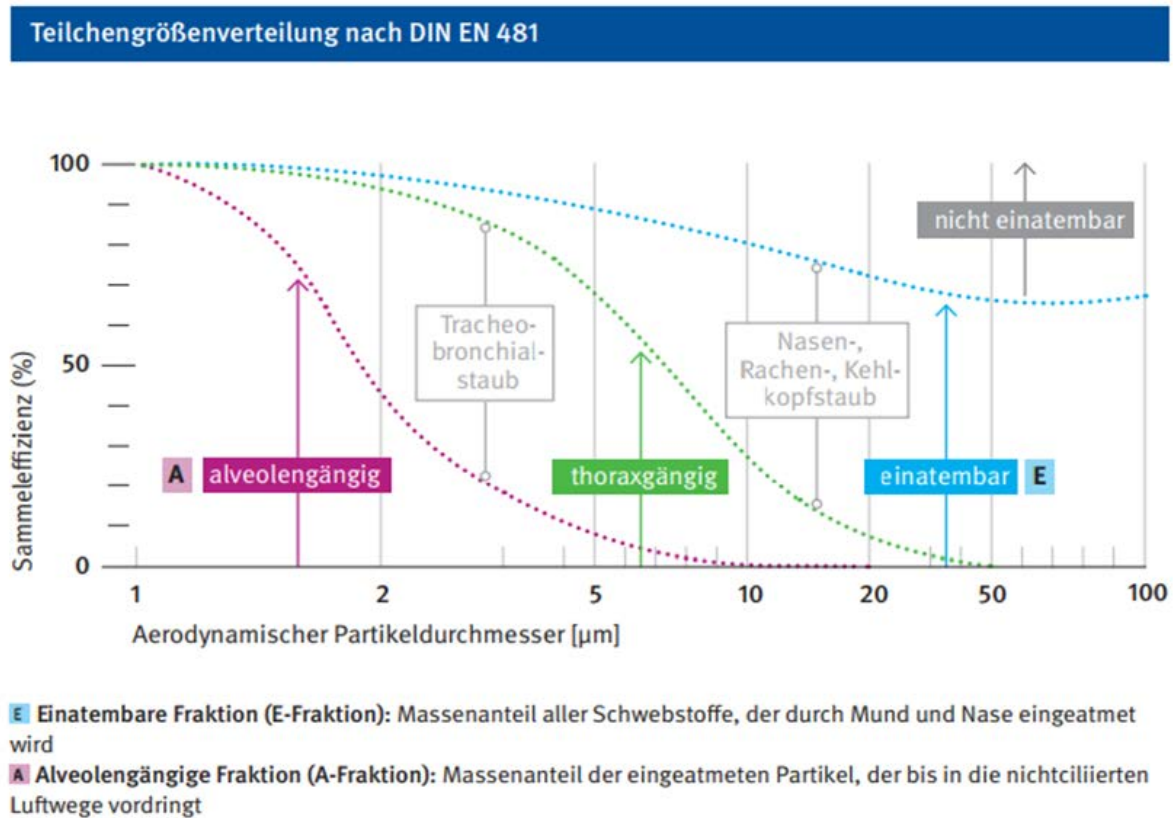


Abbildung 17: Lungengängigkeit der Partikel - Teilchengrößenverteilung nach DIN EN 481 [VBG /2016/]

Feinstaub besteht aus einem komplexen Gemisch fester und flüssiger Partikel und wird abhängig von deren Größe in unterschiedliche Fraktionen eingeteilt. Unterschieden werden PM<sub>10</sub> (PM, Particulate matter) mit einem maximalen Durchmesser von 10 Mikrometer ( $\mu\text{m}$ ), PM<sub>2,5</sub> und ultrafeine Partikel mit einem Durchmesser von weniger als 0,1  $\mu\text{m}$  [UBA /2018/].

Eine relevante Fraktion des Gesamtstaubes stellen die Partikel dar, deren aerodynamischer Durchmesser weniger als 10 Mikrometer ( $\mu\text{m}$ ) beträgt (Feinstaub - PM<sub>10</sub>) [UBA /2018/].

Feinstaub mit einem aerodynamischen Durchmesser kleiner als 2,5 Mikrometer (PM<sub>2,5</sub>) ist vor allem aufgrund seiner geringen Größe ein Gesundheitsrisiko. Dieser kann bis in die Bronchien und Lungenbläschen vordringen [UBA /2018/].

Ultrafeine Partikel mit einem Durchmesser von < 0,1 µm können bis in das Lungengewebe und sogar in den Blutkreislauf eindringen [UBA /2018/].

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit gelten seit dem 1. Januar 2005 europaweit Grenzwerte für die Feinstaubfraktion PM<sub>10</sub>. Der Tagesgrenzwert beträgt 50 µg/m<sup>3</sup> und darf nicht öfter als 35-mal im Jahr überschritten werden. Der zulässige Jahresmittelwert beträgt 40 µg/m<sup>3</sup>. Für die noch kleineren Partikel PM<sub>2,5</sub> gilt seit 2008 europaweit ein Zielwert von 25 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel, der bereits seit dem 1. Januar 2010 eingehalten werden soll. Seit 1. Januar 2015 ist dieser Wert verbindlich einzuhalten [UBA /2018/].

Die Richtlinie 2008/50/EG [Richtlinie 2008/50/EG /2008/] bestätigt die geltenden Grenzwerte für Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Feinstaub (Particulate Matter PM<sub>10</sub><sup>4</sup>), Schwefeldioxid, Benzol, Kohlenmonoxid und Blei und legt darüber hinaus zusätzliche Luftqualitätsstandards für die noch kleineren PM<sub>2,5</sub>-Feinstäube fest.

Nach [Mattenkloft, M., Höfert, N. /2009/] basieren die Beurteilung von Staubbelastungen an Arbeitsplätzen und im Rahmen des Umweltschutzes (Emission, Immission<sup>5</sup>) auf unterschiedlichen rechtlichen Regelungen. Da gleich verwendete Begriffe im Bereich des Arbeitsschutzes anders definiert sind als im Umweltrecht und zudem

<sup>4</sup> .Richtlinie [2008/50/EG /2008/]: „PM<sub>10</sub>“ sind die Partikel, die einen gröÙenselektierenden Lufteinlass gemäß der Referenzmethode für die Probenahme und Messung von PM<sub>10</sub>, EN 12341, passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 10 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist; „PM<sub>2,5</sub>“ sind die Partikel, die einen gröÙenselektierenden Lufteinlass gemäß der Referenzmethode für die Probenahme und Messung von PM<sub>2,5</sub> EN 14907, passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 2,5 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist;

<sup>5</sup> Der Begriff „Emission“ bedeutet "Ausstoß", im Allgemeinen die Aussendung von Störfaktoren (Abgabe von Stoffen wie Gase, Stäube oder Energie wie Strahlung, Wärme , Lärm) in die Umwelt.

"Immission" bedeutet Einwirkung dieser Störfaktoren aus der Umwelt auf Menschen, Tiere, Pflanzen oder Sachen.

nicht selten umgangssprachliche Formulierungen die Fachbegriffe ersetzen (z.B. „Feinstaub“) kann es zu Missverständnissen kommen.

Im Bereich Arbeitsschutz existieren seit 1971 (MAK Liste) einheitliche Kriterien zur Bestimmung der Staubkonzentrationen für eine alveolengängige Staubfraktion. Im Jahre 1994 erfolgte eine Neudefinition der alveolengängigen und der einatembaren Staubfraktion. Mit der Neudefinition wurde der Feinstaub in die alveolengängige Fraktion, kurz „A-Staub“, und der Gesamtstaub in die einatembare Fraktion, kurz „E-Staub“, umbenannt. Ein allgemeiner Staubgrenzwert für die einatembare Staubfraktion wurde erst 2004 eingeführt [Mattenklott, M., Höfert, N. /2009/].

Im Bereich Umweltschutz erfasst die Fraktion PM 2,5 feinere Partikel als die alveolengängige Staubfraktion nach DIN EN 481 [Mattenklott, M., Höfert, N. /2009/, [DIN EN 481 /1993/].

Werden Emissions- oder Immissions-Messergebnisse mit Staubkonzentrationen aus dem Bereich des Arbeitsschutzes verglichen, ist sicherzustellen, dass trotz möglicher begrifflicher Übereinstimmung, die Unterschiede der jeweils zugrunde liegenden Definitionen berücksichtigt werden [Mattenklott, M., Höfert, N. /2009/].

Luftgrenzwerte für verschiedene Stäube wurden nach diesem Prinzip bislang entweder für die alveolengängige oder für die einatembare Staubfraktion festgelegt.

Unabhängig davon gibt es für Stäube ohne spezielle toxische Wirkung allgemeine Obergrenzen für die A- und E-Fraktion [VBG /2016/].

In der EU ist für A- und E-Staub bislang kein bindender Grenzwert festgelegt. Für E-Staub gilt allerdings in den meisten EU-Mitgliedstaaten ein Grenzwert von 10 mg/m<sup>3</sup>, während die nationalen Werte für A-Staub in einem Bereich von 1,25 bis 6 mg/m<sup>3</sup> liegen. Ein Überblick über die international gültigen Staubgrenzwerte findet sich in der Tabelle 3-1 [VBG /2016/].

Für Quarzfeinstaub wurde 2015 ein Beurteilungsmaßstab von 0,05 mg/m<sup>3</sup> veröffentlicht [VBG /2016/].

Die Tabelle 6-1 zeigt internationale Grenzwerte für Staub am Arbeitsplatz [VBG /2016/].

Tabelle 6-1: Staub am Arbeitsplatz – Internationale Grenzwerte [VBG /2016/]

Land	A-Fraktion [mg/m <sup>3</sup> ]	E-Fraktion [mg/m <sup>3</sup> ]	Bemerkungen
Österreich	5	10	
Belgien	3	10	
Dänemark	5 <sup>1)</sup>	10	<sup>1)</sup> mineralisch
Frankreich	5 <sup>2)</sup>	10	<sup>2)</sup> Aerosol
Deutschland	1,25	10	
Ungarn	6	10	
Spanien	3	10	
Schweden	5	10	
Schweiz	3	10	
USA	5	15	Occupational Safety and Health Administration (OSHA)

Stäube sinken nicht sofort zu Boden, sondern verweilen eine gewisse Zeit in der Atmosphäre [UBA /2018/].

Feine, lungengängige Staubpartikel haben einen Durchmesser von 5 µm und weniger. Sie sind so leicht, dass es unter Umständen mehrere Stunden dauern kann, bis sie sich wieder auf dem Boden oder anderen Flächen absetzen. Außerdem ist dieses Feinstaub-Luft-Gemisch für das menschliche Auge so gut wie unsichtbar und entzieht sich damit unserer Wahrnehmung. Es ist daher besonders wichtig, die Beschäftigten auf die Gefahren und Besonderheiten beim Umgang mit staubenden Materialien und beim Auftreten von Staub aufmerksam zu machen und entsprechend zu unterweisen [VBG /2016/].

Tabelle 6-2 zeigt das Schwebeverhalten von Staubteilchen [VBG /2016/].

Tabelle 6-2: Schwebeverhalten von Staubteilchen – Dichte 2 g/cm<sup>3</sup> - in Luft [VBG /2016/]

Fallgeschwindigkeit [cm / s]	Falldauer aus 1 m Höhe	Teilchengröße [µm]
0,00006	500 Std.	0,1
0,006	5 Std.	1
0,6	3 min	10
15	6 s	50

Die grundlegende Vorgehensweise beim Staubschutz ist in der Agenzien-Richtlinie 98/24/EG vom 7. April 1998 festgelegt [Richtlinie 98/24/EG /1998/].

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt insgesamt ist es von besonderer Bedeutung, den Ausstoß von Schadstoffen an der Quelle zu bekämpfen und die effizientesten Maßnahmen zur Emissionsminderung zu ermitteln und auf lokaler, nationaler und gemeinschaftlicher Ebene anzuwenden. Deshalb sind Emissionen von Luftschadstoffen zu vermeiden, zu verhindern oder zu verringern und angemessene Luftqualitätsziele festzulegen, wobei die einschlägigen Normen, Leitlinien und Programme der Weltgesundheitsorganisation (WHO) zu berücksichtigen sind [Richtlinie 98/24/EG /1998/].

Nach dem Stand der Technik ist das Freiwerden von Staub in vielen Produktionsbereichen nicht vermeidbar. Deshalb muss eine möglichst vollständige Erfassung bereits an der Austritts- oder Entstehungsstelle erfolgen [VBG /2016/].

Werden die Grenzwerte trotz Ausschöpfung aller technischen und organisatorischen Schutzmaßnahmen nicht eingehalten – zum Beispiel bei Wartungs- und Reparaturarbeiten – so sind personenbezogene Maßnahmen erforderlich, zum Beispiel das Tragen von Staubmasken [VBG /2016/].

Auf jeden Fall müssen die Beschäftigten gemäß der Agenzien-Richtlinie über Gefährdungen und Schutzmaßnahmen informiert sein: Das Erstellen einer Betriebsanweisung und eine entsprechende Unterweisung durch die Vorgesetzten sind Pflicht [VBG /2016/].

Weitere organisatorische Maßnahmen sind beispielsweise die Durchführung der arbeitsmedizinischen Vorsorge und die Minimierung der Exposition durch Begrenzung der Aufenthaltsdauer der Beschäftigten [VBG /2016/].

Für die Lösung drängender Staubprobleme in der betrieblichen Praxis reichen diese Regelungen allerdings oft nicht aus. Deshalb hat das Sachgebiet Glas und Keramik „Zehn goldene Regeln zur Staubbekämpfung“ erarbeitet, die den Betrieben einen einfachen, anschaulichen und vor allem anwenderfreundlichen Leitfaden an die Hand geben sollen (siehe Tabelle 13-1 im Anhang) [VBG /2016/].



## 7. Amorphes Siliciumdioxid – Wirkung auf die menschliche Physiologie

### 7.1. Internationale Untersuchungen

[Vangura, Jr., Al. /2013/] hat verschiedene internationale Studien bzgl. der Thematik „Glasstaub“ bei der technischen Hilfeleistung beim Feuerwehreinsatz im Hinblick auf die „hartnäckige“ Meinung: „...dass Glasstaub Silikose<sup>6</sup> und Lungenkrebs verursacht“ untersucht. Bei Glasstaub aus Kraftfahrzeugen handelt es sich nicht um kristallines Siliciumdioxid sondern um amorphes Siliciumdioxid.

[Vangura, Jr., Al. /2013/] geht auf die Ergebnisse u.a. folgender Untersuchungen ein:

- [WHO – IARC /1997/],
- [Villota, R., Hawkes J.G. /1986/]
- [Fruijtier-Pölloth, C. /2012/]

Die World Health Organization - International Agency for Research in Cancer [WHO – IARC /1997/] führte eine umfassende Überprüfung aller bis zu diesem Zeitpunkt verfügbaren epidemiologischen Forschungsstudien in Bezug auf kristallines und amorphes Siliciumdioxid durch und kam zu dem Schluss, dass inhaliertes kristallines Siliciumdioxid für Menschen krebserregend ist und dass amorphes Siliciumdioxid hinsichtlich seiner Kanzerogenität beim Menschen nicht einstuftbar ist. Es wurde u.a. festgestellt, dass im Zusammenhang mit berufsbedingten Verunreinigungen die meisten Arten von amorphem Siliciumdioxid als weniger toxisch im Vergleich zu kristallinem Siliciumdioxid angesehen werden [WHO – IARC /1997/].

In einer weiteren Untersuchung wurde u.a. festgestellt, dass amorphe Kieselsäure

<sup>6</sup> Quarzstaublungerkrankung

(= nicht kristallin) aus der Lunge von Ratten leichter herausgelöst wird als Quarz (= kristallin) [WHO – IARC /1997/].

Nach [Villota, R., Hawkes J.G. /1986/] tragen die chemischen und physikalischen Eigenschaften der verschiedenen Arten von amorphem Siliciumdioxid zum vielseitigen Einsatz in kommerziellen Anwendungen wie Tinten, Farben, korrosionsbeständigen Beschichtungen, Hilfsstoffe in Pharmazeutika und Kosmetika bei.

Weiterhin wird amorphes Siliciumdioxid in der Lebensmittelindustrie als Trennmittel in pulverförmigen Mischungen, Gewürzen und Kaffeeweißern sowie zur Kontrolle der Viskosität, als Emulsionsstabilisator sowie als Suspensions- und Dispersionsmittel bzw. Trocknungsmittel eingesetzt [Villota, R., Hawkes J.G. /1986/].

Nach [Fruijtier-Pölloth, C. /2012/] wird synthetisches amorphes Siliciumdioxid (SAS) in Form von pyrogenem, gelartigem oder kolloidalem SAS seit vielen Jahrzehnten in einer Vielzahl von industriellen und Verbraucheranwendungen einschließlich Lebensmittel-, Kosmetik- und pharmazeutischen Produkten verwendet. Basierend auf physikalisch-chemischen, ökotoxikologischen, toxikologischen, sicherheitstechnischen und epidemiologischen Daten haben sich keine Umwelt- oder Gesundheitsrisiken ergeben, wenn SAS unter den geltenden Hygienestandards hergestellt und entsprechend der Empfehlungen verwendet wird.

[Merget, R. et al. /2002/] fasst in dieser Veröffentlichung das aktuelle Wissen über die gesundheitlichen Auswirkungen von amorphen (nicht-kristallinen) Formen von Kieselsäure zusammen.

Nach [Merget, R. et al. /2002/] ist die berufliche Exposition mit kristallinem Siliciumdioxidstaub mit einem erhöhten Risiko für Lungenerkrankungen wie Silikose, Tuberkulose, chronische Bronchitis, chronisch obstruktive Lungenerkrankung (COPD) und Lungenkrebs verbunden.

Das Hauptproblem bei der Bewertung der gesundheitlichen Auswirkungen von amorphem Siliciumdioxid ist seine Kontamination mit kristallinem Siliciumdioxid. Absichtlich hergestellte synthetische amorphe Kieselsäuren sind ohne Verunreinigung von kristallinem Siliciumdioxid. Entsprechend den verschiedenen physikalisch-chemischen Eigenschaften werden die Hauptgruppen von synthetischem amorphem Siliciumdioxid in einer Vielzahl von Produkten verwendet, z.B. als Füllstoffe in der Gummiindustrie, in Reifenmischungen, als Fließ- und Trennmittel in Pulvermaterialien und als flüssige Träger, insbesondere bei der Herstellung von Tierfutter und Agrochemikalien. Andere Anwendungen finden sich in Zusätzen in Zahnpasta, Farben, Silikonkautschuk, Isoliermaterial, flüssigen Systemen in Beschichtungen, Klebstoffen, Druckfarben, Auto-Grundierungen und Kosmetika [Merget, R. et al. /2002/].

Tierinhalationsstudien mit synthetisch hergestelltem amorphem Siliciumdioxid zeigten zumindest teilweise reversible Entzündungen, Granulombildung<sup>7</sup> und Emphysem<sup>8</sup>, aber keine fortschreitende Lungenfibrose<sup>9</sup> [Merget, R. et al. /2002/].

Nach [Merget, R. et al. /2002/] stützen epidemiologische Studien nicht die Hypothese, dass amorphe Kieselsäuren ein relevantes Potenzial zur Induktion von Fibrose bei Arbeitern mit hoher beruflicher Exposition mit diesen Substanzen haben, obwohl eine Studie vier Fälle mit Silikose bei Personen, die anscheinend nicht kontaminiertem amorphem Siliciumdioxid ausgesetzt waren, ergab.

Da die erfassten Daten begrenzt sind, kann ein Risiko für chronische Bronchitis, COPD oder Emphysem nicht ausgeschlossen werden. Es gibt allerdings keine Studie, die eine Klassifizierung von amorphem Siliciumdioxid hinsichtlich seiner Kanze-

<sup>7</sup> Granulom ist eine durch Entzündungen hervorgerufene Neubildung von Gewebe

<sup>8</sup> Lungenemphysem ist eine irreversible Erweiterung der Bronchiolen und der mit ihnen verbundenen Lungenbläschen, die Lunge ist krankhaft überbläht. In den erweiterten Lungenabschnitten kann der eingeatmete Sauerstoff nicht mehr richtig ins Blut übergehen. Der Gasaustausch ist eingeschränkt. Die Funktionsfähigkeit der Lungen nimmt ab [TK /2018/].

<sup>9</sup> Als Lungenfibrose bezeichnet man einen nicht mehr rückgängig zu machenden Umbau des Lungengewebes in Narbengewebe. Eine Lungenfibrose entsteht als Folge immer wiederkehrender oder lang anhaltender (chronischer) Entzündungen des Lungengewebes [TK /2018/].

rogenität beim Menschen erlaubt. Es sind weitere Arbeiten notwendig, um die Auswirkungen von amorphem Siliciumdioxid auf die Morbidität<sup>10</sup> und Mortalität<sup>11</sup> von Arbeitern mit Exposition gegenüber diesen Substanzen zu definieren [Merget, R. et al. /2002/].

## 7.2. GESTIS-Stoffdatenbank

### 7.2.1. Atmungsorgane

Wie bereits in Abschnitt 2 dargestellt weist Normalglas eine amorphe Struktur auf.

In der GESTIS Stoffdatenbank des Instituts für Arbeitsschutz (IFA) der Deutschen Gesetzliche Unfallversicherung findet man für Kieselglas (Siliciumdioxid, Kieselsäure amorph) folgende Angaben für die Atemwege [GESTIS-Kieselglas /2018/]:

- Der Hauptaufnahmeweg für glasig-amorph erstarrtes Siliciumdioxid in Form von Stäuben verläuft über den Atemtrakt.
- Aufgrund der besonderen Teilchenstruktur (röntgenamorphe kristalline Nahordnung) und der von anderen amorphen Kieselsäuren sich unterscheidenden Korngrößenverteilung wurden Parallelen zu kristallinem SiO<sub>2</sub>-Staub gezogen, so dass davon ausgegangen wird, dass eine Partikelgröße < 5 µm bei der Aufnahme in den Respirationstrakt das größte gesundheitsschädigende Potential besitzt.
- Über die Löslichkeit in biologischen Flüssigkeiten und damit über eine gewisse Resorbierbarkeit liegen keine substanzspezifischen Angaben vor.  
Jedoch ist davon auszugehen, dass in die Alveolen gelangte Teilchen von den Makrophagen<sup>12</sup> aufgenommen und z.T. abtransportiert werden.
- Akute Toxizität:
  - Für den Menschen sind keine spezifischen Angaben verfügbar.

<sup>10</sup> Häufigkeit der Erkrankungen innerhalb einer Bevölkerungsgruppe

<sup>11</sup> Verhältnis der Zahl der Todesfälle zur Zahl der statistisch berücksichtigten Personen

<sup>12</sup> Fresszellen des Immunsystems

- Chronische Toxizität:
  - Ausreichende Erfahrungen am Menschen über nachteilige Auswirkungen einer – auch langfristigen - Inhalation von Kieselglas-Stäuben liegen nicht vor.
  - Aus Tierexperimenten mit unterschiedlichen Applikationsarten gingen jedoch eine dosisabhängige lungenschädigende Wirkung und ein nur zum Teil deutliches fibrogenes Potential hervor, das zu einer Einordnung von Kieselglas zwischen die fibrogenen kristallinen und die nicht fibrogenen amorphen  $\text{SiO}_2$ -Modifikationen führte.
  - Bei Tierexperimenten unterschied sich die Wirkung von Kieselglas von derjenigen der kristallinen Modifikationen vor allem durch den geringeren Grad der Fibrose, durch eine langsamere Entwicklung nur bis zu einer bestimmten Stufe [...] und durch die Tatsache, dass der fibrosierende Prozess einige Zeit nach Abbruch der Exposition zum Stillstand kam.
  - Eine quantitative, für den Menschen relevante Abschätzung der Wirkunterschiede der amorphen Kieselsäuren wurde jedoch als nicht möglich erachtet, weshalb für Kieselglas im allgemeinen Grenzwerte zur Anwendung kommen, die nicht wesentlich höher sind als diejenigen für kristalline  $\text{SiO}_2$ -Modifikationen.
- Fruchtschädigung:
  - Ein Risiko braucht bei Einhaltung des Arbeitsplatzgrenzwertes (AGW) bzw. der Maximalen Arbeitsplatz-Konzentration (MAK), des Biologischen Grenzwertes (BGW) oder Biologischen Arbeitsstoff-Toleranzwertes (BAT) nicht befürchtet zu werden.
- Mutagenität:
  - Gentoxische Untersuchungen an Mikroorganismen und Zellkulturen hatten fast ausschließlich negative Ergebnisse,
  - Für den Menschen liegen keine Angaben vor.
- Kanzerogenität:
  - Es liegen keine ausreichenden substanzspezifischen Angaben vor.

- Erste Hilfe:
  - Verletzten unter Selbstschutz aus dem Gefahrenbereich an die frische Luft bringen.
  - Nur im Falle massiver Einatmung:
    - Bei Atemnot Sauerstoff inhalieren lassen,
    - Für ärztliche Behandlung sorgen.

### 7.2.2. Augen

In der GESTIS Stoffdatenbank findet man für Kieselglas (Siliciumdioxid, Kieselsäure amorph) [GESTIS-Kieselglas /2018/] folgende Angaben für den Kontakt mit den Augen:

- Kieselglas-Feinstaub bewirkt am Auge kaum Schädigungen; größere Partikel können einen mechanisch-irritativen Fremdkörpereffekt mit Sandkorngefühl, Larmation<sup>13</sup>, Bindehaurötung hervorrufen,
- Hautkontakt ist weder toxisch noch reizend,
- Es gibt keine Hinweise, welche Korngröße erforderlich ist, um die aus Erfahrung bekannten mechanischen Reizwirkungen bei Augenkontakt hervorzurufen.
- Erste Hilfe
  - Auge unter Schutz des unverletzten Auges 10 Minuten unter fließendem Wasser bei weitgespreizten Lidern spülen.
  - Für ärztliche Behandlung sorgen.
    - betroffenes Auge nochmals spülen,
    - erkennbare Partikel ggf. mittels Wattestäbchens durch Arzt entfernen;

<sup>13</sup> Produktion und Sekretion von Tränenflüssigkeit durch die Tränendrüse

Nach [Schott UG11/2015/] ist nach Augenkontakt mit Glasstaub oder Glassplittern, die bei der Bearbeitung oder bei Bruch entstehen mit reichlich fließendem Wasser ausspülen und bei andauernder Reizung ein Arzt zu konsultieren.

### 7.2.3. Haut

In der GESTIS Stoffdatenbank findet man für unter der Rubrik Kieselglas (Siliciumdioxid, Kieselsäure amorph) [GESTIS-Kieselglas /2018/] folgende Angaben für den Hautkontakt:

- Hautkontakt ist weder toxisch noch reizend.
- Eine Aufnahme von Kieselglas-Teilchen über die intakte Haut und daraus folgende gesundheitsschädigende Resorptivwirkungen sind kaum anzunehmen.
- Erste Hilfe
  - Betroffene Hautpartien gründlich unter fließendem Wasser mit Seife reinigen,
  - Sofort - bei erhaltenem Bewusstsein - reichlich Flüssigkeit (Wasser) trinken lassen,
  - Mund ausspülen, Flüssigkeit wieder ausspucken,
  - Weitere Ersthilfe ist i. Allg. nicht erforderlich.

#### 7.2.4. Verdauungstrakt

In der GESTIS Stoffdatenbank des Instituts für Arbeitsschutz (IFA) der Deutschen Gesetzliche Unfallversicherung findet man für Kieselglas (Siliciumdioxid, Kieselsäure amorph) [GESTIS-Kieselglas /2018/] folgende Angaben für den Verdauungstrakt:

- Es liegen auch aus Tierexperimenten keine substanzspezifischen Angaben über Wirkungen einer oralen Aufnahme vor.
- Eine Resorption in toxikologisch relevanten Mengen über den Magen-Darm-Trakt ist unwahrscheinlich.



## 8. Entstehung von Glasstaubpartikeln bei der mechanischen Zerstörung von Glas – Experimentelle Untersuchungen

Im Rahmen eines Kooperationsprojektes zwischen der Technischen Hochschule Nürnberg, der Berufsfeuerwehr Nürnberg und dem Arbeitsmedizinischen Institut der Friedrich-Alexander-Universität in Erlangen wurde von [Teipel, U. et al. /2015/] die Entstehung und die Freisetzung von Glasstaubpartikeln beim Einsatz verschiedener Rettungswerkzeuge in einer ersten Studie untersucht.

Nach [Teipel, U. et al. /2015/] ist neben der oftmals schwierigen Identifikation der im jeweiligen Fahrzeug verwendeten Glasart, die Auswirkungen auf die richtige Wahl der erfolgversprechendsten Werkzeuge sowie die Frage nach möglichen Gesundheitsgefahren durch die Entstehung von Glasstaubpartikeln bei der Bearbeitung der Fahrzeugscheiben von besonderer Bedeutung.

Zurzeit ist noch ungeklärt, inwieweit der bei der Bearbeitung der Scheiben entstehende Glasstaub gesundheitsschädlich oder toxikologisch bedenklich ist oder ob der Glasstaub in offenen Wunden von Unfallopfern zu Wundheilungsstörungen oder zu einem verschlechterten Heilungsverlauf führen kann [Teipel, U. et al. /2015/].

Bei den Untersuchungen von [Teipel, U. et al. /2015/] wurden Frontscheiben aus Verbundglas verwendet. Als Werkzeuge wurden folgende den Feuerwehren zur Verfügung stehende Trennwerkzeuge eingesetzt:

- Glasmastersäge (GMS),
- Säbelsäge (SäS),
- Trennschleifer (TS),
- Doppelblattsäge (DBS, TwinSaw<sup>®</sup>),
- Rettungskettensäge (RKS).

Die Schneidexperimente wurden in einer geschlossenen Kabine mit einem Raumvolumen von 10 m<sup>3</sup> durchgeführt.

Die Kabine war vollständig mit Polyethylenfolie ausgekleidet und so konzipiert, dass die Versuche verlustfrei durchgeführt werden konnten und somit die gesamte Partikelexposition für die Auswertung zur Verfügung stand [Teipel, U. et al. /2015/].

Nach den Experimenten wurden die auf den Frontscheiben abgelagerten und die auf den Folien in der Kabine befindlichen Partikel durch Absaugen über ein Mikrofaserfilter mit 1,6 µm Maschenweite und Abwischen der Folie gesammelt und analysiert.

Die Partikelgrößenverteilungen im Grobgutbereich wurden mit einem Verfahren der dynamischen Bildanalyse gemessen (Camsizer, Fa. Retsch) und die Partikel im Feingutbereich mittels Laserbeugungsspektrometrie (Helos, Fa. Sympatec) detektiert. Die Morphologie<sup>14</sup> der Glaspartikel nach dem Schneidprozess wurden mittels mikroskopischer und rasterelektronenmikroskopischer (REM) Aufnahmen dargestellt [Teipel, U. et al. /2015/].

Die Volumensummenverteilungen der durch

- die Doppelblattsäge mit Stahltrennscheiben,
- den Trennschleifer mit Stahltrennscheibe und
- die Rettungskettensäge

erzeugten Schnittprodukte zeigten hierbei den größten Grobgutanteil.

<sup>14</sup> Form / Gestalt der Partikel

Für das Schnittgut der jeweiligen Geräte ergaben sich folgende Medianwerte der Partikelgrößenverteilungen [Teipel, U. et al. /2015/]:

- Doppelblattsäge:  $x_{50,3,DBS} = 3.800 \mu\text{m}$  (3,8 mm)
- Rettungskettensäge:  $x_{0,3,RKS} = 2.900 \mu\text{m}$  (2,9 mm)
- Trennschleifer:  $x_{50,3,TS} = 3.400 \mu\text{m}$  (3,4 mm) .

Alle drei Werkzeuge erzeugten einen erheblichen Anteil von Grobgut:

- Doppelblattsäge:  $x_{50,3,DBS} = 9.500 \mu\text{m}$  (9,5 mm)
- Rettungskettensäge:  $x_{50,3,RKS} = 8.000 \mu\text{m}$  (8 mm)
- Trennschleifer:  $x_{50,3,TS} = 15.000 \mu\text{m}$  (15 mm)

Der hohe Anteil von Grobgutpartikeln, die durch die Trennschleifscheibe erzeugt wurde, entstand u.a. dadurch, dass die Folie der Verbundglasscheibe aufgrund der hohen lokalen Temperaturen an der Schnittstelle thermisch reagierte und daraus ein deutlich verändertes Schnittbild resultierte, was dann zur Agglomeration und Verklebung der Glaspartikel führte [Teipel, U. et al. /2015/.

Den geringsten Grobgutanteil ergab sich beim Einsatz der Säbelsäge und der Glasmastersäge:

- Säbelsäge:  $x_{50,3,Säs} = 2.000 \mu\text{m}$  (2 mm)
- Glasmastersäge:  $x_{50,3,GMS} = 1.800 \mu\text{m}$  (1,8 mm)

Trotz des hohen Grobgutanteils zeigten die gemessenen Schnittgutfraktionen je nach Schneidwerkzeug bis zu 30 % Partikel  $< 1.000 \mu\text{m}$  (1 mm)

Den höchsten Feingutanteil erzeugte der Trennschleifer mit Stahltrennscheibe und die Doppelblattsäge.

Hierbei ergaben sich folgende Messwerte bei der Betrachtung der Summenverteilungsfunktion bei  $Q_3(x) = 10\%$  [Teipel, U. et al. /2015/]:

- Trennschleifer:  $x_{10,3,TS} = 27,6\ \mu\text{m}$
- Doppelblattsäge:  $x_{10,3,DBS} = 40,6\ \mu\text{m}$
- Glasmastersäge:  $x_{10,3,GMS} = 39,6\ \mu\text{m}$
- Säbelsäge:  $x_{10,3,Säs} = 96,5\ \mu\text{m}$
- Rettungskettensäge:  $x_{10,3,RKS} = 64,5\ \mu\text{m}$

Die Glasmastersäge, die Doppelblattsäge und der Trennschleifer mit Stahltrennscheibe erzeugten den größten Massenanteil an Partikeln  $x < 30\ \mu\text{m}$ .

Die Rettungskettensäge und die Säbelsäge erzeugten einen deutlich geringeren Feingutanteil.

Nach [Teipel, U. et al. /2015/] ist für die toxikologische und vor allem humanpathologische Relevanz u. a. die Lungengängigkeit der Partikel von besonderem Interesse, wobei hier der  $PM_{10}$  - Größenwert eine entscheidende Kenngröße ist.

Den größten Mengenanteil an Partikel  $x \leq 10\ \mu\text{m}$  erzeugten

- Trennschleifer mit Stahltrennscheibe:  $Q_{3,TS}(x=10\ \mu\text{m}) = 3,6\%$  und
- Glasmastersäge:  $Q_{3,GMS}(x=10\ \mu\text{m}) = 3,5\%$

Der Mengenanteil der Partikel  $x \leq 10\ \mu\text{m}$  ergab sich bei

- der Rettungskettensäge zu  $Q_{3,RKS}(x=10\ \mu\text{m}) = 2,1\%$  und
- der Säbelsäge zu  $Q_{3,Säs}(x=10\ \mu\text{m}) = 1,6\%$

Für Partikel  $x \leq 5 \mu\text{m}$  ergaben sich folgende Messwerte

- Trennschleifer:  $Q_{3,TS}(x=5 \mu\text{m}) = \text{ca. } 2 \%$
- Glasmastersäge:  $Q_{3,GMS}(x=5 \mu\text{m}) = \text{ca. } 2 \%$
- Rettungskettensäge:  $Q_{3,RKS}(x=5 \mu\text{m}) = 1,4 \%$
- Säbelsäge:  $Q_{3,Säs}(x=5 \mu\text{m}) = 1,0 \%$

Hier zeigte sich, dass der Anteil lungengängiger Partikel beim Einsatz der Rettungskettensäge und der Säbelsäge am geringsten war [Teipel, U. et al. /2015/].

Wie die Untersuchungen von [Teipel, U. et al. /2015/] weiterhin gezeigt haben, waren bei Rasterelektronenmikroskop (REM)-Aufnahmen beim Einsatz der Säbelsäge Partikel  $x \leq 1 \mu\text{m}$  erkennbar. Diese haften aufgrund der während des Schneidvorgangs erzeugten elektrostatischen Wechselwirkungen in vielen Fällen an den größeren Partikeln. Hier ist es nicht auszuschließen, dass auch kleinere Partikel  $x \leq 1 \mu\text{m}$  luftgetragen den Probanden erreichen und somit ein Problem für Rettungskräfte und Unfallopfer darstellen können.

Auch bei der Glasmastersäge entstanden Sekundärpartikel mit einer Partikelgröße kleiner  $x \leq 1 \mu\text{m}$  bis zu einer Größe von wenigen Nanometern [Teipel, U. et al. /2015/].

[Teipel, U. et al. /2015/] kommt bei den Untersuchungen u.a. zu dem Ergebnis, dass trotz des entstehenden hohem Grobgutanteils je nach eingesetztem Schneidwerkzeug bis zu 30% Partikel entstehen, die deutlich  $< 1.000 \mu\text{m}$  sind und dass bei einigen Trennwerkzeugen 10 % der Partikel  $< 30 \mu\text{m}$  sind.

Die erzeugten Partikel wiesen eine deutlich nicht sphärische Partikelform mit ausgeprägt scharfkantigen Bruchkanten auf.

Die Untersuchungen haben deutlich gemacht, dass bei allen eingesetzten Rettungstrennwerkzeugen lungengängiger Feinstaub erzeugt wird.

Die Werkzeuge Trennschleifer und Glasmastersäge erzeugten einen Mengenanteil an Partikeln  $x \leq 10 \mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) von rund 3,5% und 2% aller Partikeln sind  $x \leq 5 \mu\text{m}$ . Der Anteil lungengängiger Partikel war beim Einsatz der Säbelsäge und der Rettungskettensäge am geringsten. Dennoch konnten bei den Partikelkollektiven Sekundärpartikel mit einer Größe von deutlich  $x \leq 1 \mu\text{m}$  detektiert werden [Teipel, U. et al. /2015/].

Die toxikologische Wirkung der Glaspartikel mit geringer Partikelgröße soll in einem Anschlussprojekt näher untersucht werden [Teipel, U. et al. /2015/].

## **9. Ermittlung möglicher Gefährdungen bei der mechanischen Zerstörung von Glas in Kraftfahrzeugen im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung**

Im Folgenden sollen die bei der mechanischen Bearbeitung und Zerstörung von Glas in Kraftfahrzeugen im Rahmen der technischen Hilfeleistung bei einem Verkehrsunfall möglichen auftretenden Gefährdungen ermittelt werden. Eine Berücksichtigung anderer möglicher Gefahren bei einem derartigen Einsatzszenario ist nicht Bestandteil dieser Ermittlung.

### **1. Mechanische Gefährdungen**

- Eine der größten mechanischen Gefährdungen, die beim Bearbeiten von Glas in Kraftfahrzeugen auftreten können sind Schnittverletzungen durch die scharfkantigen Bruchstücke auf der Haut. Hierbei kann es zu stark blutenden Wunden kommen, die je nach Tiefe des Schnittes klinisch versorgt werden müssen.
- Eine mechanische Gefährdung ist durch die Verletzung des Auges durch eindringende Fremdkörper in die Hornhaut wie beispielsweise Festkörper in Form von Spänen, Splintern oder Körnern aber auch durch feine Stäube möglich. Die Stäube können zwischen Lid und Augapfel gelangen und dieses reizen oder im schlimmeren Fall heftige Entzündungsreaktionen zufolge haben. Entscheidend für die Auswirkungen auf das Auge ist neben der Form des auftreffenden Körpers auch die Bewegungsenergie, also die Masse und Geschwindigkeit mit der der Fremdkörper auf das Auge trifft.
- Durch Materialermüdung oder Verkanten der Schneidwerkzeuge kann es insbesondere beim Trennschleifer, aber auch bei der Zwillingsäge zu einem Bersten der Trennscheibe kommen. Die hierbei entstehenden Bruchstücke können durch ihre hohe Geschwindigkeit beim Auftreffen auf den menschlichen Körper zu Verletzungen der Augen und der Haut führen.

## 2. Elektrische Gefährdungen

- Es liegen keine elektrischen Gefährdungen im Zusammenhang mit der Bearbeitung oder Zerstörung von Autoglas vor.

## 3. Chemische Gefährdung von giftigen, ätzenden oder reizenden Stoffen

- Eine chemische Gefährdung von als giftig, ätzend oder reizend eingestuftem Stoffen kann bei der standardmäßigen Bearbeitung oder Zerstörung von Autoglas ausgeschlossen werden.
- Die üblicherweise in der Automobilindustrie verwendeten Materialien für ESG und VSG, wie Kalk-Natron-Glas können auf Grundlage der herangezogenen Informationsquellen dieser Arbeit als für Einsatzkräfte chemisch unbedenklich angenommen werden.

## 4. Biologische Gefährdungen

- Durch das Eindringen von Staubpartikeln in die Lunge und auch in die Lungenbläschen, die Alveolen, kann es unter Umständen zu einer Fibrose im Lungengewebe kommen.
- So lange keine ausreichenden Erkenntnisse zu der biologisch-toxischen Wirkung von Glasstaub auf das Lungengewebe durch Inhalation vorhanden sind, wird von einer allgemein schädigenden Wirkung durch diesen Staub ausgegangen.
- Neben Hustenreiz und Schleimabsonderungen kann es zu Reizungen und Entzündungsreaktionen der oberen Atemwege kommen. Bei zu großen Staubmengen kann der Reinigungsmechanismus der Lunge stark beeinträchtigt werden.
- Bei dem Vorhandensein von Krankheitserregern (z.B. Bakterien, Parasiten, Pilze, Viren) auf dem Glas kann es in der Folge zu einer Infektion der offenen Wunde und zu Wundheilungsstörungen kommen. Das Vorhandensein von offenen Wunden begünstigt des Weiteren eine eventuelle Ansteckung durch den Kontakt mit bereits infizierten Patienten.



## 5. Brand- und Explosionsgefährdung

- Eine außergewöhnliche Brand- oder Explosionsgefahr ist nicht zu erwarten. Funkenflug bei der Bearbeitung von Autoglas tritt nicht auf.

## 6. Thermische Gefährdung

- Auf Grund der Reibungswärme durch das Sägen und Schneiden von Autoglas kann es zu einer Aufheizung der verwendeten Materialien (Sägeblatt etc.) kommen, welcher sich Einsatzkräfte Verbrennungen der Haut zuziehen können. Ein signifikantes Aufheizen des Glases ist nicht zu erwarten.

## 7. Physikalische Gefährdung

- Durch den Einsatz der Geräte, insbesondere des Trennschleifers, der Zwillingssäge oder der Rettungssäge kann es zu einer starken Lärmentwicklung kommen, die eine Lärmschwerhörigkeit zur Folge haben kann.

## 8. Erhöhung der Gefährdung durch zusätzliche gefahrbringende Bedingungen

- Es können die üblichen gefahrbringenden Randbedingungen eines Feuerwehreinsatzes, wie Glatteis, schlechte Sichtverhältnisse oder Straßenverkehr vorhanden sein, auf die an dieser Stelle, da sie in keinem direkten Zusammenhang mit der mechanischen Bearbeitung von Autoglas stehen, nicht näher eingegangen wird.

## 9. Psychische Belastung

- Durch das mechanische Bearbeiten von Autoglas entstehen keine nennenswerten psychischen Belastungen auf die Einsatzkräfte. Eine Betrachtung der psychischen Belastung auf den Patienten findet hier nicht statt.

## 10. Physische Belastung

- Durch das Eigengewicht einiger Geräte und durch sich aus der vorherrschenden Situation ergebenden ergonomisch kontraproduktive Körperhal-

tungen kann es zu einer Belastung bspw. auf den Bewegungsapparat, insbesondere der Wirbelsäule, der Einsatzkräfte kommen.

#### 11. Organisatorische Mängel

- Durch mangelnde Einweisung in den ordnungsgemäßen Gebrauch der verwendeten Geräte sowie der Nichteinhaltung von vorgeschriebenen Wartungs- und Prüfintervallen, kann es zu einer Begünstigung der o.g. Gefährdungen kommen.
- Ebenso stellt die fehlende Bereitstellung oder die fehlende Bereitschaft zur Verwendung der notwendigen persönlichen Schutzausrüstung eine Gefährdung der Einsatzkräfte dar.

## 10. Persönliche Schutzmaßnahmen

### 10.1. Atemschutz

#### 10.1.1. Atemschutz – Allgemeine Betrachtungen

Nach [DGUV 112-190 /2011/] „Benutzung von Atemschutzgeräten“ ist in einer Gefährdungsermittlung festzustellen, ob bezogen auf den Atemschutz, Gefährdungen durch die Umgebungsatmosphäre vorliegen. Hierbei ist festzustellen, ob

- Sauerstoffmangel,
- Schadstoffe
- oder beides

die Atemluft beeinflussen.

Sauerstoffmangel in der Einatemluft führt zu Sauerstoffmangel in den Zellen des menschlichen Körpers und blockiert wichtige Lebensfunktionen. Er wird durch die menschlichen Sinne nicht wahrgenommen. Sauerstoffmangel kann zu Bewusstlosigkeit führen, irreversible Schädigung von Gehirnzellen und sogar den Tod bewirken. Der Umfang der Schädigung ist abhängig von der restlichen Sauerstoffkonzentration in der Einatemluft, der Einwirkdauer, dem Atemminutenvolumen<sup>15</sup> und der körperlichen Verfassung [DGUV 112-190 /2011/].

<sup>15</sup> Atemminutenvolumen (AMV): Volumen an Atemluft, das pro Minute ein- und wieder ausgeatmet wird.

Die Aufnahme von Schadstoffen in den Körper kann je nach spezifischer physikalischer, chemischer oder kombinierter Wirkungsweise des Stoffes zu

- Lungenerkrankungen,
- akuten oder chronischen Vergiftungen,
- durch Bakterien oder Viren übertragbaren Krankheiten sowie zu
- sonstigen Schäden, z.B. Sensibilisierung, Allergien oder Krebserkrankungen

führen.

Bei Schadstoffen ist nach [DGUV 112-190 /2011/] im Allgemeinen der Umfang der Schädigung abhängig von der

- Konzentration,
- Einwirkdauer des Schadstoffes,
- Wirkungsweise im Körper,
- Schwere der auszuführenden Arbeit,
- körperlichen Verfassung.

Eine Gefährdungsbeurteilung beinhaltet die Risikoabschätzung der ermittelten Gefährdungen und Belastungen nach:

- Art und Umfang des Risikos,
- Risikodauer,
- Risikowahrscheinlichkeit für die Beschäftigten

Beschäftigte müssen bereitgestellte, geeignete und insbesondere individuell passende Atemschutzgeräte benutzen, solange eine Gefährdung besteht [DGUV 112-190 /2011/].

Der Unternehmer darf das Tragen von belastenden Atemschutzgeräten nicht als ständige Maßnahme zulassen und dadurch technische oder organisatorische Schutzmaßnahmen ersetzen [DGUV 112-190 /2011/].

Es gibt in der Praxis kein Atemschutzgerät, das seinen Träger vollkommen von der Umgebungsatmosphäre abschließt. Deshalb hat der Unternehmer Atemschutzgeräte auszuwählen, deren Leckage so gering ist – d.h., die so wenig Schadstoff in das Innere des Atemanschlusses gelangen lassen –, dass in der Einatemluft der Grenzwert des Schadstoffes sicher unterschritten bleibt [DGUV 112-190 /2011/].

Dieser Schutz durch das Gerät kann auch durch die Angabe des Vielfachen des Grenzwertes (VdGW) charakterisiert werden, bis zu dem das Gerät eingesetzt werden kann. Gegen CMR-Stoffe<sup>16</sup> und Zubereitungen ist grundsätzlich die höchste Klasse auszuwählen.

Von dieser Regelung kann abgewichen werden, wenn innerhalb der Gefährdungsbeurteilung nachgewiesen und dokumentiert wurde, dass ein Atemschutzgerät einer geringeren Klasse ausreichend wirksam ist oder wenn allgemein für bestimmte Fälle die Wirksamkeit von Atemschutzgeräten geringerer Klasse im Rahmen von Technischen Regeln attestiert worden ist.

<sup>16</sup> CMR-Stoffe (cancerogenic, mutagenic, toxic for reproduction) sind krebserzeugende, erbgutverändernde und Fruchtbarkeitsgefährdende Stoffe und Zubereitungen gemäß § 3 Abs. 2 Gefahrstoffverordnung (GefStoffVO).

Nach [DGUV 112-190 /2011/] sind für die Auswahl des Atemschutzgerätes neben der Eignung des Trägers folgende Einsatzbedingungen von entscheidender Bedeutung:

- Umgebungsatmosphäre, z.B. Sauerstoffgehalt, Art und Konzentration der Schadstoffe, Temperatur, Brand- und Explosionsgefahr,
- Örtlichkeit, z.B. Art des Raumes, Bewegungsfreiheit,
- Verwendungszweck, z.B. Arbeitsdauer, Rückzugszeit, Schwere der Arbeit, Rettung, Flucht.

Sind die Einsatzbedingungen nicht hinreichend bekannt, wie dies z.B. bei Erkundungsgängen, Brandbekämpfungs- und Rettungsarbeiten sowie bei Arbeiten in Behältern und engen Räumen der Fall sein kann, müssen Isoliergeräte verwendet werden [DGUV 112-190 /2011/].

Voraussetzungen für die richtige Auswahl sind ausreichende Kenntnisse über die Art und den örtlichen und zeitlichen Konzentrationsverlauf der Schadstoffe [DGUV 112-190 /2011/].

Nach [DGUV 112-190 /2011/] ist unter Berücksichtigung ergonomischer Aspekte eine optimale Anpassung dann erreicht, wenn das Atemschutzgerät

- einen ausreichenden Schutz gegen die Schadstoffe bietet, d.h. eine ausreichend lange Benutzungsdauer nach Art und Konzentration des Schadstoffes besitzt,
- den Einflüssen von z.B. Chemikalien, Klima oder Transport widersteht,
- den Gegebenheiten des Trägers und des Arbeitsplatzes angepasst ist,
- leicht, kompakt und stabil ausgeführt ist,
- einfach zu bedienen ist,
- gesundheitlich unbedenklich ist,
- frei von störenden Eigengerüchen und
- behindernden Blickfeldeinschränkungen ist.

Die meisten Atemschutzgeräte erfordern die arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchung ihres Trägers gemäß „Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge“ (ArbMedVV) und Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention“ (BGV/GUV-V A1) [DGUV 112-190 /2011/].

Tragezeitbegrenzungen sollen eine Überbeanspruchung des Gerätträgers vermeiden. Sie gelten nur für Arbeitseinsätze nach Betriebsanweisung, nicht aber für Einsätze in Notfällen, z.B. Rettung von Menschen, Brandbekämpfung, Beseitigung von Gasaustritten sowie bei Flucht oder Selbstrettung [DGUV 112-190 /2011/].

Für den Einsatz von Atemschutzgeräten hat der Unternehmer eine Betriebsanweisung nach § 3 Abs. 2 „PSA-Benutzungsverordnung“ (PSA-BV) mit allen für den sicheren Einsatz erforderlichen Angaben zu erstellen und ihre Einhaltung zu überwachen.

Der Unternehmer hat nach § 3 Abs. 1 „PSA-Benutzungsverordnung“ (PSA-BV) in Verbindung mit § 31 Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention“ (BGV/GUV-V A1) dafür zu sorgen, dass die Versicherten anhand der Betriebsanweisung vor der ersten Benutzung (Erstunterweisung) und danach wiederholt nach Bedarf (Wiederholungsunterweisung), mindestens jedoch einmal jährlich, in einer theoretischen Unterweisung und praktischen Übungen unterwiesen werden.

## A Filtergeräte

Das Schutzziel, dem Träger des Atemschutzgerätes gesundheitsunschädliche Atemluft zuzuführen, wird bei den Filtergeräten durch Entfernen der Schadstoffe mittels Gas-, Partikel- oder Kombinationsfilter erreicht.

Filtergeräte können je nach Filterart bestimmte Schadstoffe in den Grenzen ihres Abscheide- bzw. Aufnahmevermögens aus der Umgebungsatmosphäre entfernen [DGUV 112-190 /2011/].

Ist ein Schutz gegen

- Gase und Dämpfe (Schadgase) erforderlich werden
  - Gasfilter eingesetzt,
- gegen Partikel werden
  - Partikelfilter eingesetzt.
- Tritt beides gemeinsam auf, so ist ein
  - Kombinationsfilter zu verwenden.
- Ein Gasfilter schützt nicht gegen Partikel, ein Partikelfilter nicht gegen Gase.

Filtergeräte dürfen nicht verwendet werden, wenn unbekannte Umgebungsverhältnisse vorhanden sind oder wenn sich die Zusammensetzung der Umgebungsatmosphäre nachteilig verändern kann [DGUV 112-190 /2011/].

Die Auswahl von Filtergeräten setzt voraus, dass die Umgebungsatmosphäre mindestens 17 Vol.-% Sauerstoff enthält. Für den Einsatz von Filtern gegen Kohlenstoffmonoxid (CO-Filter) und für spezielle Bereiche sind mindestens 19 Vol.-% Sauerstoff erforderlich.

Filtergeräte mit Gebläse sind von der Umgebungsatmosphäre abhängig wirkende Atemschutzgeräte. Sie haben zusätzlich ein batteriebetriebenes Gebläse, das die gefilterte Luft zum Atemanschluss fördert. Diese besitzen nur einen geringen Einatemwiderstand und weisen bei normalen wie auch erhöhten Umgebungslufttempera-



turen ein besonders günstiges Mikroklima im Atemanschluss auf [DGUV 112-190 /2011/].

Partikelfiltrierende Halbmasken gibt es in Versionen mit und ohne Ausatemventil. [Beneke, N., et al. /2012/].

Anwendungsgebiete für Halbmasken sind Verkehrsunfälle, wo mit Glasstaub beim Glasmanagement gerechnet werden muss, Einsätze nach der Zerstörung oder dem Einsturz von baulichen Anlagen und Einsätze im Rettungsdienst im Zusammenhang mit Infektions-Krankheiten, beispielsweise verschiedene Formen der Grippe (Influenza) [Beneke, N., et al. /2012/].

Abbildung 18 zeigt beispielhaft eine partikelfiltrierende Halbmaske mit Ausatemventil [Kullik, D. /2017-3/].



*Abbildung 18:* Beispiel für eine partikelfiltrierende Halbmaske mit Ausatemventil [Kullik, D. /2017-3/]

Bei Einsatz einer partikelfiltrierenden Halbmaske oder einer Halbmaske mit einem oder zwei Filtern soll auch mindestens auf den Schutz der Augen mit einer Schutzbrille und der Hände mit Handschuhen geachtet werden [Beneke, N., et al. /2012/].

Nach [DIN EN 149 /2009/] werden partikelfiltrierende Halbmasken nach ihrer Filterleistung und ihrer maximalen gesamten nach innen gerichteten Leckage eingeteilt.

Es gibt drei Geräteklassen für partikelfiltrierende Masken:

- FFP1,
- FFP2 und
- FFP3.

entsprechend einem geringen (P1), mittleren (P2) und hohen (P3) Abscheidevermögen.

Nach [UVEX /2018/] ergeben sich für die verschiedenen Filterklassen bei partikelfiltrierenden Halbmasken folgende Einsatzbereiche.

Schutzklasse FFP1
<ul style="list-style-type: none"><li>• Schutz vor ungiftigen und nicht-fibrogenen Stäuben,</li><li>• Einatmung führt nicht zur Entwicklung von Erkrankungen, kann aber die Atemwege reizen und eine Geruchsbelastung darstellen,</li><li>• Gesamtleckage darf maximal 25% betragen,</li><li>• Überschreitung des Arbeitsplatzgrenzwertes (AGW) darf höchstens 4-fach sein,</li><li>• Filterung von mindestens 80 % der sich in der Luft befindlichen Partikel bis zu einer Größe von 0,6 µm,</li><li>• Im Bauwesen oder in der Nahrungsmittelindustrie sind Atemschutzmasken der Klasse FFP1 meist ausreichend.</li></ul>

### Schutzklasse FFP2

- Schutz vor festen und flüssigen gesundheitsschädlichen und erbgutverändernden Stäuben, Rauch und Aerosolen,
- Partikel können fibrogen sein, was bedeutet, dass sie kurzfristig zur Reizung der Atemwege und langfristig zur Abnahme der Elastizität des Lungengewebes führen,
- Gesamtleckage darf maximal 11% betragen,
- Überschreitung des Arbeitsplatzgrenzwertes (AGW) darf höchstens 10-fach sein,
- Filterung von mindestens 94% der in der Luft befindlichen Partikel bis zu einer Größe von 0,6  $\mu\text{m}$ ,
- Eingesetzt werden Atemschutzmasken der Schutzklasse FFP2 beispielsweise in der Metallindustrie oder auch im Bergbau.

### Schutzklasse FFP3

- Schutz vor giftigen und gesundheitsschädlichen Stäuben, Rauch und Aerosolen, krebserregende und radioaktive Schadstoffe und Krankheitserreger wie Viren, Bakterien und Pilzsporen,
- Gesamtleckage darf maximal 5% betragen,
- Überschreitung des Arbeitsplatzgrenzwertes (AGW) darf höchstens 30-fach sein,
- Filterung von mindestens 99% vor Partikeln bis zu einer Größe von 0,6  $\mu\text{m}$ ,
- Verwendet werden sie beispielsweise in der chemischen Industrie.

Die höhere Partikelfilterklasse schließt bei gleicher Art das Anwendungsgebiet der niedrigeren Partikelfilterklasse ein.

Üblicherweise sind der Atemwiderstand und damit die Belastung des Geräteträgers für die höhere Partikelfilterklasse größer als für die niedrigere.

Vergleicht man bauartähnliche filtrierende Halbmasken eines Herstellers z.B. beide Typen mit Ausatemventil, so sind FFP2-Halbmasken je nach Anbieter ca. 30 % teurer als FFP1-Masken allerdings bei einem wesentlich höheren Schutzniveau.

Die Wiederbenutzbarkeit der Filtermasken ist durch die Kennbuchstaben „R“ und „NR“ geregelt. Die durch „R“ gekennzeichneten Partikelfilter können über eine Arbeitsschicht hinaus unter Beachtung der Benutzungsbeschränkungen eingesetzt und verwendet werden. Partikelfilter mit der Kennzeichnung „NR“ haben die Einschränkung, dass sie nicht über eine Arbeitsschicht hinaus eingesetzt und verwendet werden dürfen. Ein Mehrfachgebrauch innerhalb einer Arbeitsschicht ist unter Beachtung der Benutzungsbeschränkungen möglich [DGUV 112-190 /2011/].

Partikelfilter werden z.B. wie folgt bezeichnet [DGUV 112-190 /2011/]:

EN 143:2000 P2 R oder EN 143:2000 P1 NR

Die Wiederverwendung von Partikelfiltern und partikelfiltrierenden Halbmasken durch mehrere Personen ist aus hygienischen Gründen nicht zulässig, da hierbei eine Desinfizierung nicht möglich ist. Mikroorganismen können sich möglicherweise in Partikelfiltern anreichern und bei der Wiederbenutzung zu einer Infektionsgefahr führen [DGUV 112-190 /2011/].

Wird der Atemwiderstand z.B. durch Staubeinspeicherung oder Feuchtigkeit (Atemfeuchte, Schweiß) zu hoch, erhöht sich auch die physiologische Belastung des Gerätträgers, und das Partikelfilter oder die partikelfiltrierende Halbmaske ist zu wechseln. Erfahrungen haben gezeigt, dass sich mit zunehmendem Atemwiderstand die Leckage zwischen Gesicht und Maske erhöht [DGUV 112-190 /2011/].

Filter und filtrierende Halbmasken haben eine begrenzte Lagerfähigkeit, die vom Hersteller angegeben wird. Sie sind nach Ablauf der Lagerfrist der Benutzung zu entziehen, auch wenn sie noch ungebraucht sind [DGUV 112-190 /2011/].

Gasfilter werden entsprechend ihrem Aufnahmevermögen für die verschiedenen Gase / Dämpfe ebenfalls in 3 Klassen (siehe [DGUV 112-190 /2011/])

- Klasse 1 (geringe Kapazität)
- Klasse 2 (mittlere Kapazität)
- Klasse 3 (hohe Kapazität)

und je nach Art des Gases/Dampfes in die Typen A, B, E, K, AX, SX, CO und Mehrbereichsfilter, z.B. ABEK eingeteilt.

Kombinationsfilter sind Filter zum Schutz vor Gasen, Dämpfen und Partikeln.

Solche Filter müssen die sicherheitstechnischen Anforderungen für jeden einzelnen entsprechenden Gasfiltertyp der angegebenen Gasfilterklassen erfüllen und können dementsprechend eingesetzt werden [DGUV 112-190 /2011/].

Kombinationsfilter bestehen aus einem Gasfilterteil und einem vorgeschalteten Partikelfilterteil. Kombinationsfilter sind als Partikelfilter und als Gasfilter gekennzeichnet.

Beispiel: EN 14 387 A2B2P3 R.

Dies gilt analog für filtrierende Halbmasken.

Beispiel: EN 405 FFA1P2 NR.

Tabelle 13-2 im Anhang zeigt die Gas- und Spezialfilter und ihre Hauptanwendungsbereiche (Typen, Kennfarben, Hauptanwendungsbereiche, Klassen und Einsatzgrenzen) [DGUV 112-190 /2011/]

## B Isoliergeräte

Bestehen Zweifel, ob Filtergeräte einen ausreichenden Schutz bieten, z.B. Höhe der Schadstoffkonzentration, Gebrauchsdauer, unzulässige Temperaturerhöhung des Filters, Bildung unerwünschter Reaktionsprodukte im Filter, sind Isoliergeräte zu verwenden [DGUV 112-190 /2011/].

Isoliergeräte wirken durch Zuführung von Atemluft unabhängig von der Umgebungsatmosphäre und bieten Schutz bei Sauerstoffmangel und gegen schadstoffhaltige Atmosphäre [DGUV 112-190 /2011/].

Die Auswahl von Isoliergeräten richtet sich nach den Einsatzbedingungen und dem vorgesehenen Verwendungszweck (Arbeit, technische Hilfeleistung, Brandbekämpfung, Rettung, Selbstrettung).

Der Atemanschluss ist der Teil eines Atemschutzgerätes, der die Verbindung zum Atemschutzgeräteträger herstellt und eine direkt Atemgaszufuhr zu Mund und Nase des Atemschutzgeräteträgers sichert.

Atemanschlüsse können sein: Viertelmaske, Halbmaske oder Vollmaske, Helm oder Haube („offene“ Atemanschlüsse) und Atemschutzanzug [DGUV 112-190 /2011/].

Frei tragbare Isoliergeräte sind in ihrer Verwendungsdauer wegen des begrenzten Atemgas-Vorrates beschränkt, engen aber die Bewegungsfreiheit der Gerätträger nicht ein. Bei nicht frei tragbaren Isoliergeräten ist die Einsatzdauer im Allgemeinen nicht eingeschränkt, es sei denn, die Atemgasversorgung erfolgt aus Atemgasflaschen. Frischluft- bzw. Druckluftzuführungsschlauch schränken jedoch die Bewegungsfreiheit ein [DGUV 112-190 /2011/].

Zu beachten ist ferner, dass in besonderen Fällen, z.B. mechanischer Einwirkung von Strahlmitteln sowie bei Einwirkung von Stoffen, die durch die Haut aufgenommen

werden, die ätzend oder sensibilisierend sind, außer den Atemorganen auch der Körper geschützt werden muss [DGUV 112-190 /2011/].

Pressluftatmer unterteilt man in Geräte für Rückentrageweise (auf Tragegestell) und Geräte mit variabler Trageweise (Einsteigergeräte). Die Geräte für Rückentrageweise werden überwiegend eingesetzt. Die Druckgasflaschen müssen mit Druckluft befüllt werden, die der DIN EN 12 021 entspricht.

Bei Pressluftatmern mit zwei Druckgasflaschen müssen beim Einsatz stets beide Flaschenventile geöffnet sein [DGUV 112-190 /2011/].

Behältergeräte sind für lange Anmarschwege und für länger dauernde Arbeiten nicht geeignet (Tunnel, Tiefgaragen, Hochhäuser, Gasbehälter) [DGUV 112-190 /2011/].

- Bei einem Atemluftvorrat von z.B. 1.600 l schwankt die Gebrauchsdauer je nach der Belastung des Trägers (physisch und psychisch) zwischen 20 min und 50 min.
- Unter normalen Gebrauchsbedingungen liegen die bekannten Einsatzzeiten zwischen 15 Minuten (Leichtarbeitsgerät) und 90 Minuten (Zwei-Flaschen-Gerät, 300 bar).
- Das Gewicht von Pressluftatmern liegt je nach Gerätetyp zwischen ca. 5 kg und 18 kg. Das Höchstgewicht von 18 kg darf nicht überschritten werden.

Regenerationsgeräte versorgen ihren Geräteträger mit Sauerstoff, der im Gerät mitgeführt wird [DGUV 112-190 /2011/].

- Als Sauerstoffvorrat kann Drucksauerstoff, Drucksauerstoff-Stickstoff-Gemisch oder chemisch gebundener Sauerstoff verwendet werden.
- Beim chemisch gebundenen Sauerstoff reagieren der Wasserdampf und das ausgeatmete Kohlendioxid mit Kaliumdioxid ( $\text{KO}_2$ ). Hierdurch entwickelt sich Sauerstoff im Überschuss in dem Atembeutel. Die Sauerstoffentwicklung ist quasi atemgesteuert ohne Lungenautomat.

- Das Ausatemgas wird nicht, wie beim Pressluftatmer, durch ein Ausatemventil in die Umgebungsatmosphäre abgegeben, sondern es wird im Gerät regeneriert.
- Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) im Ausatemgas wird in einer Regenerationspatrone gebunden und der verbrauchte Sauerstoff des ausgeatmeten Atemgases aus dem Vorrat im Gerät ergänzt.
- Der Druck-Sauerstoffvorrat ist in geeigneten Zeitabständen (10 min bis längstens 15 min) zu überwachen (dies ist bei chemisch gebundenem Sauerstoff nicht möglich), damit rechtzeitig der Gefahrenbereich verlassen werden kann.
- Während des Gebrauchs wird durch die chemischen Reaktionen in der Regenerationspatrone Wärme erzeugt, welche die Temperaturen des Einatemgases bis auf ca. 45°C ansteigen lässt. An der Oberfläche der Regenerationspatronen können je nach Art der verwendeten Chemikalie wesentlich höhere Temperaturen auftreten.
- Die Gebrauchsdauer liegt entsprechend dem unterschiedlichen Sauerstoffvorrat und der CO<sub>2</sub> Bindungskapazität zwischen 15 min und mehreren Stunden und damit geeignet für lange andauernde Arbeiten, z.B. Einsatz im Bergbau und im Tunnelbau.
- Das Gewicht von Regenerationsgeräten liegt je nach Geräteklasse und Gerätetyp zwischen ca. 3 kg und 16 kg.

## C Selbstretter und Fluchtgeräte

Die Begriffe „Fluchtgerät“ und „Selbstretter“ werden in der Atemschutzpraxis gleichbedeutend nebeneinander verwendet. Darunter versteht man Atemschutzgeräte, die dem Benutzer die Flucht aus Bereichen mit schadstoffhaltiger Umgebungsatmosphäre ermöglichen. Selbstretter können Filtergeräte oder frei tragbare Isoliergeräte sein. Atemschutzgeräte für Arbeit und Rettung können in bestimmten Fällen zur Flucht verwendet werden [DGUV 112-190 /2011/].

Geräte für die Selbstrettung dürfen nur für die Flucht verwendet werden, weil sie die



Anforderungen, die an Arbeits- und Rettungsgeräte gestellt werden, nicht ausreichend erfüllen.

Selbstretter und Fluchtgeräte müssen unter Berücksichtigung der im Fluchtfalle auftretenden Gefährdungen, z.B. Art und Konzentration der Schadstoffe, thermische Einwirkungen sowie der Beschaffenheit und Länge des Fluchtweges ausgewählt und bereitgestellt werden [DGUV 112-190 /2011/].

#### 10.1.2. PSA Atemschutz - Einsatzgebiet „Glas“

In der GESTIS Stoffdatenbank des Instituts für Arbeitsschutz (IFA) der Deutschen Gesetzliche Unfallversicherung findet man für Kieselglas (Siliciumdioxid, Kieselsäure amorph) folgende Angaben bzgl. der erforderlichen Persönlichen Schutzausrüstung (PSA) für die Atemwege [GESTIS-Kieselglas /2018/]:

- In Ausnahmesituationen (z.B. unbeabsichtigte Stofffreisetzung, Arbeitsplatzgrenzwertüberschreitung) ist das Tragen von Atemschutz erforderlich.
- Tragezeitbegrenzungen beachten,
- Atemschutzgerät: Partikelfilter P1, Kennfarbe weiß.

Die vfdb Richtlinie 06-01 „Technisch-medizinische Rettung nach Verkehrsunfällen“ [vfdb-06/01-1 /2010/] empfiehlt für den Patienten- und Eigenschutz partikelfiltrierende Atemschutzmasken der Schutzklasse FFP2.

Gemäß Angaben der Firma Schott AG [Schott UG11/2015/] ist anorganisches Glas bei normalem Gebrauch als nicht gefährlich eingestuft.

Bei der Bearbeitung von Glas können scharfe Kanten, Glasstaub oder Glassplitter entstehen. Als akute Folgen können eine Reizung der Atemwege auftreten sowie besteht als chronische Folge die Gefahr einer Staublunge. Als persönliche Schutzausrüstung wird eine nach der nationalen Norm geprüfte Maske für Glasstaub und

Glasfasern aufgeführt, falls die Glasstaub- oder Glaspartikelmenge über dem nationalen Grenzwert liegt [Schott UG11/2015/].

Nach [Cimolino, U. et al.: /2003/] kann bei extremer Staubentwicklung (z.B. Trennschleifer) auch ein Mund-/Nasenschutz anbracht sein.

[UVEX /2018/] empfiehlt für den Einsatz bei Glasfasern Masken der Geräteklasse FFP2.

## 10.2. Schnittschutz / Infektionsschutz

### 10.2.1. Schnittschutz / Infektionsschutz– Allgemeine Betrachtungen

Nach [DGUV 112-190 /2011/] können manche Schadstoffe durch die Haut aufgenommen werden oder die Haut schädigen. Kommen solche Stoffe in der Umgebungsatmosphäre vor, sollte der ganze Körper geschützt werden.

Nach [DGUV 112-995 /2011/] sind bei der Auswahl von Schutzhandschuhen die Forderungen nach bestmöglichem Schutz einerseits und nach Tragekomfort, Tastgefühl und Greifvermögen andererseits abzuwägen. Es ist darauf zu achten, dass die richtige Größe der Schutzhandschuhe beachtet wird, die Nähte so ausgebildet sind, dass sie nicht drücken und nicht an Belastungsstellen liegen, wobei die Haltbarkeit von Nähten durch Keder<sup>17</sup> erhöht werden kann.

Bei vielen Feuerwehren werden inzwischen zusätzlich zu den normalen Feuerweherschutzhandschuhen nach [DIN EN 659 /2008/] auch spezielle Handschuhe für die

<sup>17</sup> Keder ist eine schmale Nahteinlage zum Schutz des Fadens.

technische Hilfeleistung nach [DIN EN 388 /2017/] verwendet, welche bessere haptische Eigenschaften aufweisen.

Nach [DIN EN 659 /2008/] muss bzgl. der Schnittfestigkeit von Feuerwehrhandschuhen das Material für Feuerwehrschtzhandschuhe, entnommen aus

- der Handschuhinnenfläche und dem
- Handschuhrücken

nach dem entsprechenden Abschnitt der [DIN EN 388 /2017/] geprüft werden. Bei der entsprechenden Prüfung muss es mindestens Leistungsstufe 2 (Faktor 2,5) entsprechen.

Gemäß [DIN EN 388 /2017/] müssen sämtliche für die Klassifizierung vorgesehenen Prüfmuster dagegen nur aus der Handinnenfläche der verschiedenen Handschuhe entnommen werden.

Thorns, J. [Beneke, N., et al. /2012/] geht ebenfalls auf diese Thematik ein. Sogenannte TH-Handschuhe für die Technische Hilfeleistung sind nicht nach DIN EN 659 (Feuerwehrschtzhandschuhe), sondern nach der allgemeinen Schutzhandschuh-Norm DIN EN 388 (Schutzhandschuhe gegen mechanische Risiken) genormt. Danach müssen Puls- und Handknöchelschutz vorhanden sein. Für die Einsatzpraxis sollen die Leistungsstufen jedoch mindestens denen des Feuerwehrhandschuhs entsprechen. Nach DIN EN 388 muss der Schnittschutz nicht den gesamten Handschuh umfassen, was für den Feuerwehreinsatz jedoch erforderlich ist. Daher ist bei Beschaffungen auf einen umfassenden, allseitigen Schnittschutz zu achten. Weiterhin müssen Puls- und Handknöchelschutz vorhanden sein

Nach Thrien, K. [Beneke, N., et al. /2012/] ist beim Einsatz von Kettensägen eine erweiterte persönliche Schutzkleidung bestehend aus

- Schutzhelm mit Gehör- und Gesichtsschutz,

- Schutzkleidung mit Schnittschutzeinlage,
- Schutzhandschuhe und ggf.
- Sicherheitsschutzschuhwerk mit Schnittschutzeinlagen

zu tragen.

Zum Schutz vor Schnittverletzungen und einer Ansteckung mit infektiösen Krankheiten ist das Tragen von Infektionsschutzhandschuhen nach DIN EN 455 [DIN EN 455 /2001, 2009, 2015, 2016/] unter den eigentlichen Arbeitshandschuhen und zusätzlich zur Mindestschutzausrüstung inzwischen gängige Praxis (Beispiele siehe Abbildung 19 und 20).



### 10.2.2. Infektionserkrankungen – Bemerkungen

An dieser Stelle sei auf eine Aussage des Regierungspräsidiums Stuttgart - Landesgesundheitsamt zum Methicillin resistenter Staphylococcus aureus (MRSA) verwiesen, die allgemein die Problematik von Verletzungen und das Infektionsrisiko aufzeigt [LGA-BW /2018/]:

„Jeder Mensch ist mit einer Vielzahl von Bakterien besiedelt. Auf der Haut, den Schleimhäuten und besonders im Darm leben Millionen solcher Mikroben. Das Bakterium *Staphylococcus aureus* ist auf der Schleimhaut im vorderen Nasenabschnitt und zum Teil auf der Haut vieler gesunder Menschen zu finden, ohne dass es seinen Träger krank macht.

Wenn es gegen verschiedene Antibiotika widerstandsfähig geworden ist, nennt man es MRSA: Multi-Resistenter oder Methicillin-Resistenter *Staphylococcus aureus*.

Auch solche MRSA sind für gesunde Personen außerhalb des Krankenhauses zumeist ungefährlich.

Im Kontakt mit Krankenhauspatienten besteht indes ein Risiko der Übertragung und auch einer möglichen Infektion, z. B. wenn die Bakterien bei Verletzungen oder medizinischen Eingriffen von der Haut- und Schleimhautoberfläche in das darunterliegende Gewebe gelangen und in den Körper eindringen. Dabei kann es zu Entzündungen und Abszessen kommen, bei einem schwachen Immunsystem auch zu schweren Infektionen wie Blutvergiftung und Lungenentzündung. Da viele Antibiotika gegen MRSA nicht mehr wirksam sind, können solche Infektionen dann oft nur noch mit Reservewirkstoffen und manchmal unsicherem Erfolg behandelt werden.

Befinden sich die Erreger nur auf der Haut, ohne Krankheit zu verursachen, so spricht man von einer Besiedelung. In einem solchen Fall können bestimmte Maßnahmen zur Entfernung dieser Bakterien von der Haut eingeleitet werden. Bei einer solchen Sanierung handelt es sich um Ganzkörperwaschungen, Mundspülungen mit antiseptischen Wirkstoffen und Anwendungen wirksamer Nasensalben.“

Eine Aussage des Robert Koch-Instituts zur Sepsis (Blutvergiftung) zeigt ebenfalls diese Problematik auf [RKI – Sepsis /2017/].

Nach Aussage des Robert Koch-Instituts ist Sepsis die schwerste Verlaufsform von Infektionserkrankungen. Sie kann sich aus jedem Infektionsfokus entwickeln, am häufigsten aber aus Lungen-, Bauchraum- und Harnwegsinfektionen. Staphylococcus aureus und Escherichia coli sind dabei die häufigsten auslösenden Mikroorganismen, gefolgt von Pilzen und Viren. Die weltweite Inzidenz<sup>18</sup> von Sepsis wird auf ca. 19 Millionen pro Jahr geschätzt. Die Letalität der Sepsis beträgt in Ländern mit hohem Einkommen 20 – 30 %.

Aus den beiden Aussagen erkennt man unmittelbar die Schwierigkeit, eine derartige Erkrankung durch entsprechende Keime mit z.B. Verletzungen aus einem Unfall oder insbesondere auch durch Verletzungen mit Glaspartikeln in Verbindung zu bringen.

### 10.2.3. PSA Schnittschutz / Infektionsschutz – Einsatzgebiet „Glas“

Bei der Bearbeitung von Glas oder durch Beschädigung oder Bruch können scharfe Kanten zu Schnittverletzungen führen [Schott UG11/2015/].

In der GESTIS Stoffdatenbank des Instituts für Arbeitsschutz (IFA) der Deutschen Gesetzliche Unfallversicherung findet man für Kieselglas (Siliciumdioxid, Kieselsäure amorph) folgende Angaben bzgl. der erforderlichen Persönlichen Schutzausrüstung (PSA) für die Haut bzgl. Schnittschutz [GESTIS-Kieselglas /2018/]:

- Körperschutz: Schürze bzw. Laborkittel tragen,
- Handschutz auf die anderen verwendeten Stoffe abstimmen.

Bei Arbeiten mit Rettungsgeräten bzw. beim Entfernen von Fahrzeugverglasung ist der Patient abzudecken oder die Arbeitsstelle abzuschirmen.

<sup>18</sup> Häufigkeit von Erkrankungen

Als persönliche Schutzausrüstung wird von [Schott UG11/2015/] bei scharfkantigen Glasteilen Sicherheitsschuhe, Arbeitsschürze, Handschuhe und Pulsmanschetten gegen Schnittverletzungen aufgeführt.

Zum Schutz vor Schnittverletzungen und einer Ansteckung mit infektiösen Krankheiten ist das Tragen von Infektionsschutzhandschuhe nach DIN EN 455 [DIN EN 455 /2001, 2009, 2015, 2016/] unter den eigentlichen Arbeitshandschuhen zu empfehlen.

Nach [Cimolino, U. et al.: /2003/] verursacht Glasstaub in offenen Wunden große Probleme im Heilungsprozess und Glassplitter sind auf Röntgenaufnahmen nicht zu erkennen.

Eine einfache Methode zur Reduzierung der Freisetzung von Glasstaub und kleiner Glassplitter ist das vorherige Aufbringen einer dicken Seifen-/ Wasserlösung, die sehr leicht mittels handelsüblicher Schmierseife, Wasser und einer Plastik-Sprühflasche selbst hergestellt sowie schnell und einfach aufgebracht werden kann. Die Seifenlösung bindet die Stäube und kleineren Splitter und verhindert deren freies Umherfliegen. Sie wirkt ebenso bei Trennarbeiten an Metallen. Dabei ist unbedingt zu beachten, dass beim direkten Vorsprühen vor dem Werkzeug auf keinen Fall Seifenlösung auf elektrische Motoren/Werkzeuge gesprüht werden darf [Cimolino, U. et al.: /2003/].

## 10.3. Gehörschutz

### 10.3.1. Gehörschutz - Allgemeine Betrachtungen

An Einsatzstellen kommt es auf Grund von laufenden Fahrzeugmotoren, laut arbeitenden Geräten oder Aggregaten immer wieder zu einem sehr hohen Lärmpegel, der auf Feuerwehrangehörige und Rettungskräfte durchaus eine schädigende Wirkung haben kann. Um sich hiervor zu schützen, ist bei solchen Einsätzen stets auf den korrekten Gehörschutz zu achten.

Die Norm [DIN EN 352-1,-2 /2002/] regelt die allgemeinen Anforderungen an den Gehörschutz im Rahmen von Arbeitsschutzbekleidung.

In DGUV Regel [DGUV 112-194 /2015/] zur Benutzung von Gehörschutz finden sich sehr detaillierte Angaben zur Funktion und Auswahl der unterschiedlichen Gehörschutzarten.

Zur Einhaltung des maximal zulässigen Expositionswertes dürfen der Tages-Lärmexpositionspegel am Ohr des Benutzers (unter Berücksichtigung der dämmenden Wirkung des Gehörschutzes) den Wert von 85 dB(A) und der Spitzenschalldruckpegel den Wert von 137 dB(C) nicht überschreiten [DGUV 112-194 /2015/].

Da bei Lärmexpositionspegeln ab 80 dB(A) eine Gehörgefährdung nicht vollständig ausgeschlossen werden kann, soll auf die Benutzung der bereitgestellten Gehörschützer ab diesem Lärmexpositionspegel hingewirkt werden [DGUV 112-194 /2015/].



Es werden folgende Gehörschutzarten unterschieden [UVEX-Gehörschutz /2018/]:

- Gehörschutzstöpsel
- Kapselgehörschützer
- Gehörschutzhelme
- Schallschutzanzüge

Bezüglich einer potentiellen Gefahr durch in den Gehörgang eindringende Stäube und Partikel spielen hier vornehmlich die die Kapselgehörschützer nach DIN EN 352-1 sowie die Gehörschutzstöpsel nach DIN EN 352-2 eine Rolle.

Beispiele hierzu zeigen die Abbildungen 21 und 22.

	
<p><i>Abbildung 21: Kapselgehörschützer nach DIN EN 352-1 [Kullik, D. /2017-3/]</i></p>	<p><i>Abbildung 22: Gehörschutzstöpsel nach DIN EN 352-2 [Kullik, D. /2017-3/]</i></p>

Der Norm DIN EN 352-1 entsprechende Kapselgehörschützer sind definiert als Gehörschützer, die mit je einer funktionellen Kapsel eine Ohrmuschel des Trägers umschließen. Da besonders bei wechselnder Lärmeinwirkung und -belastung ein häufiges Auf- und Absetzen gewünscht ist, empfehlen sich Kapselgehörschützer in diesem Umfeld [UVEX-Gehörschutz /2018/].

Im Feuerwehreinsatz haben sich bei den Gehörschutzstöpseln auf Grund des sich ständig wechselnden Personals Einwegprodukte bewährt. Doch auch Kapselgehörschützer finden Verwendung, insbesondere beim Schutz des Patienten bei der technischen Hilfeleistung.

#### 10.3.2. PSA Gehörschutz – Einsatzgebiet „Glas“

Da bei Lärmexpositionspegeln ab 80 dB(A) bei Einsatz von motorbetriebenen Geräten zur Zerstörung von Glas eine Gehörgefährdung nicht vollständig ausgeschlossen werden kann, ist die Benutzung von Gehörschützern anzuraten [DGUV 112-194 /2015/].

Aufgrund einer möglichen Gefahr durch in den Gehörgang eindringende Stäube und Partikel ist die Verwendung von Kapselgehörschützer oder Gehörschutzstöpsel ratsam.

## 10.4. Gesichtsschutz / Augenschutz

### 10.4.1. Gesichtsschutz / Augenschutz– Allgemeine Betrachtungen

Nach [FwDV1 /2007/] ist der Gesichtsschutz zum Feuerwehrhelm (Klappvisier) zu verwenden bei Gefahren für Gesicht und Augen, beispielsweise durch Splitter, weg-schnellende Teile, Funken oder Spritzer gefährlicher Stoffe.

Verursachen Schadstoffe in der Umgebungsatmosphäre auch Reizungen oder Schädigungen der Augen, ist Augenschutz erforderlich. Zweckmäßigerweise sollte ein Atemanschluss ausgewählt werden, der gleichzeitig die Augen schützt, zum Beispiel eine Vollmaske oder eine Atemschutzhaube [DGUV 112-190 /2011/].

Die Schutzbrille ist zu verwenden, wenn besondere Gefahren für die Augen zu erwarten sind, zum Beispiel durch Metallfunken beim Einsatz der Trennschleifmaschine [FwDV1 /2007/].

Die Schutzbrille kann kombiniert mit dem Gesichtsschutz (Klappvisier) verwendet werden [FwDV1 /2007/].

Beim Augenschutz werden folgende Arten unterschieden:

- Gestellbrillen sind Schutzbrillen, die mit Ohrbügeln oder mit Traghilfen für die Befestigung am Schutzhelm ausgerüstet sein können. Für den seitlichen Schutz sind sie mit Seitenschutzkörben oder Seitenschutzplatten versehen. Sie können außerdem durch geeigneten Aufbau den Augenraum gegen Gefahren von oben schützen [GUV-R 192 /2002/].

- Korbbrillen sind Schutzbrillen, bei denen der Tragkörper korbartig ausgebildet ist und aus weichem, elastischem Material besteht, sodass der Brillenkorb den Augenraum umschließt und sich am Gesicht anschmiegt [GUV-R 192 /2002/]. Korbbrillen verhindern durch ihr dichtes Anliegen am Gesicht nicht nur das Eindringen von herabfallenden Partikeln bspw. beim Arbeiten in Rückenlage, sondern auch das Eindringen von Staub, wie es bei einer technischen Hilfeleistung durch das mechanische Bearbeiten von Autoglas auftreten kann [Hoffmann, M./2016/].
- Schutzschirme/Visiere bestehen aus Traghilfe und Sicherheitsichtscheibe, die Gesicht und je nach Länge und Erweiterungsteilen, z.B. Schürzen, auch Teile des Halses schützen. Sie werden am Schutzhelm oder mit Traghilfen direkt am Kopf getragen. Die Sichtscheiben können an den Traghilfen starr, leicht auswechselbar oder hochklappbar befestigt sein [GUV-R 192 /2002/].

Sind Gefährdungen durch Stäube nicht ausgeschlossen, ist ein Schutz des Auges auch von den Seiten her erforderlich [GUV-R 192 /2002/].

Weitere Angaben zum persönlichen Augenschutz finden sich in [DIN EN 166 /2002/].

Die Abbildungen 23, 24 und 25 zeigen Beispiele für Gesichts- bzw. Augenschutz.



Abbildung 23: Schutzbrille (nicht dicht schließender Augenschutz) [Kullik, D. /2017-3/]



Abbildung 24: Korbbrille (dicht schließender Augenschutz) [Kullik, D. /2017-3/]



Abbildung 25: Im Feuerwehrhelm integriertes Visier und Schutzbrille [Kullik, D. /2017-3/]

Nach [GUV-R 192 /2002/] können sich mechanische Gefährdungen des Auges durch Fremdkörper wie Stäube und Festkörper (z.B. Späne, Splitter, Körner usw.) ergeben, die das Auge treffen und verletzen. Stäube können zwischen Lid und Augapfel gelangen und zu Reizungen oder Entzündungen führen.

Treffen Festkörper auf das Auge, besteht in der Regel die Gefahr, dass sie durch Eindringen in die Hornhaut diese verletzen. Die Gefährdung des Auges ist nicht nur von der Form der Festkörper, sondern auch von der kinetischen Energie abhängig,

mit der das Auge getroffen wird. Diese Energie hängt neben der Masse vor allem von der Geschwindigkeit des Festkörpers ab [GUV-R 192 /2002/].

Biologische Agenzien (Bakterien, Viren, Sporen) können über das Auge in den Körper gelangen und Infektionen verursachen [GUV-R 192 /2002/].

Nach [GUV-R 192 /2002/] schützen bei Einwirkungen von Gasen, Dämpfen, Nebel, Rauch und Feinstaub (Partikeldurchmesser  $< 5 \mu\text{m}$ ) Korbbrillen mit der Kennzeichnung „5“.

Die [DIN EN 166 /2002/] fordert bei Feinstaub gemäß der dortigen Tabelle 12 — „Verwendung der Arten von Augenschutzgeräten für die verschiedenen Verwendungsbereiche“ ebenfalls die Kennzeichnung „5“.

Diese Anforderung wird nur von Korbbrillen erfüllt nicht dagegen von Bügelbrillen und Gesichtsschutzschilden [DIN EN 166 /2002/].

Gegen allgemeine mechanische Gefährdungen des Auges sind Sicherheits-Sichtscheiben oder entsprechende Draht- oder Kunststoffgewebe zu verwenden. Entsprechend der kinetischen Energie (Funktion aus Masse und Geschwindigkeit) der einwirkenden Späne und Splitter gibt es verschiedene geprüfte Sichtscheiben mit den Kennzeichnungen S, F, B oder A. Die Bedeutung kann Tabelle 10-1 entnommen werden [GUV-R 192 /2002/].

Ein Augenschutzgerät bietet nur dann für einen bestimmten Anwendungsfall einen ausreichenden Schutz, wenn sich die geeigneten Sichtscheiben in dem für den Anwendungsfall geeigneten Tragkörper befinden [GUV-R 192 /2002/].

Tabelle 10-1: Kurzzeichen für mechanische Festigkeit der Sichtscheibe [GUV-R 192 /2002/]

Zeichen	Bemerkung
ohne	ohne Mechanische Grundfestigkeit (statischer Deformationstest)
S	Erhöhte mechanische Festigkeit (Prüfung 44 g Stahlkugel mit 5,1 m/s Geschwindigkeit)
F	Stoß mit niedriger Energie (Prüfung 0,88 g Stahlkugel mit 45 m/s Geschwindigkeit)
B	Stoß mit mittlerer Energie (Prüfung 0,88 g Stahlkugel mit 120 m/s Geschwindigkeit)
A	Stoß mit hoher Energie (Prüfung 0,88 g Stahlkugel mit 120 m/s Geschwindigkeit)

In den Tabellen 10-2 und 10-3 werden beispielhaft die Bezeichnungen für Tragkörper zum Schutz gegen

- Grobstaub
- Gas und Feinstaub

aufgeführt [GUV-R 192 /2002/].

Nicht aufgeführt werden hier die Tragkörper zum Schutz gegen

- mechanische Risiken und optische Strahlung
- tropfende oder spritzende Flüssigkeiten
- erhöhte mechanische Risiken sowie gegen tropfende und spritzende Flüssigkeiten
- Störlichtbögen bei Kurzschluss in elektrischen Anlagen
- Metallspritzer

Tabelle 10-2: Tragkörper zum Schutz gegen Grobstaub [GUV-R 192 /2002/]

	Identifikationszeichen des Herstellers	Nummer der Norm	Verwendungsbereich Grobstaub
Kurzzeichen	X	N	4

Tabelle 10-3: Tragkörper zum Schutz gegen Gas und Feinstaub [GUV-R 192 /2002/]

	Identifikationszeichen des Herstellers	Nummer der Norm	Verwendungsbereich Gas und Feinstaub
Kurzzeichen	X	N	5



#### 10.4.2. PSA Gesichtsschutz/Augenschutz– Einsatzgebiet „Glas“

Die GESTIS Stoffdatenbank empfiehlt als PSA für die Augen eine Gestellbrille mit Seitenschutz [GESTIS-Kieselglas /2018/].

Die vfdb Richtlinie 06-01 „Technisch-medizinische Rettung nach Verkehrsunfällen“ empfiehlt für den Patienten- und Eigenschutz dagegen Hochleistungsvisiere nach DIN EN 14458 [vfdb-06/01-1 /2010/].

[Schott UG11/2015/] empfiehlt für den Augenschutz eine Schutzbrille.

Nach Aussage der GUV-Regel R 192 „Benutzung von Augen- und Gesichtsschutz“ der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung e.V. (DGUV) schützen bei Einwirkung von Feinstaub (Partikeldurchmesser  $< 5 \mu\text{m}$ ) nur Korbbrillen mit der Kennzeichnung „5“ [GUV-R 192 /2002/].

Derartige kleine Partikelgrößen lassen sich, wie Untersuchungen von [Teipel, U. et al. /2015/] gezeigt haben, bei keinem der von der Feuerwehr zum Einsatz gebrachten Rettungstrennwerkzeuge für die Zerstörung von Kraftfahrzeugscheiben ausschließen.

Die DIN EN 166 „Persönlicher Augenschutz“ fordert bei Feinstaub ebenfalls gemäß der dortigen Tabelle 12 — „Verwendung der Arten von Augenschutzgeräten für die verschiedenen Verwendungsbereiche“ die Kennzeichnung „5“. Diese Anforderung wird nur von Korbbrillen erfüllt, nicht dagegen von Bügelbrillen und Gesichtsschutzschilden [DIN EN 166 /2002/].

Nach [Cimolino, U. et al.: /2003/] ist wegen der entstehenden Splitter in jedem Fall eine geeignete Schutzbrille zu tragen! Ein Visier reicht hier nicht!

Bei Arbeiten mit Rettungsgeräten bzw. beim Entfernen von Fahrzeugverglasung ist der Patient abzudecken oder die Arbeitsstelle abzuschirmen.

## 11. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Beim Retten und Bergen ist es oft notwendig, zum Teil schwerstverletzte Unfallopfer, unter Zuhilfenahme diverser mechanischer Rettungsgeräte, aus den nicht selten stark deformierten Kraftfahrzeugkarosserien zu befreien.

Trotz der Schwere der Verletzungen und dem somit meist geringen Zeitfenster, welches für eine adäquate Rettung zur Verfügung steht, ist der Schutz der Unfallopfer vor weiteren schädigenden Einflüssen, welche im Verlauf der Rettung auftreten können von großer Bedeutung.

Bei Einsätzen zur technischen Hilfeleistung werden jedoch nicht nur die Unfallopfer selbst, sondern auch die jeweiligen im Einsatz befindlichen Rettungskräfte mit diesen Gefahrenquellen konfrontiert.

Eine dieser möglichen Gefahren, welcher Einsatzkräfte, ganz gleich ob Feuerwehr oder Rettungsdienst, im Rahmen der technischen Hilfeleistung bei Verkehrsunfällen ständig ausgesetzt sind und welche in Feuerwehrfachkreisen diskutiert wird, ist die Einwirkung von Glassplittern und feinem Glasstaub der bei der mechanischen Zerstörung der unterschiedlichen Kraftfahrzeugscheiben mit den unterschiedlichen Werkzeugen entsteht.

Glas (Normalglas) ist bei normalen Temperaturen eine feste Flüssigkeit mit extrem hoher Viskosität und somit ein Körper mit amorpher Struktur. Dieser glasig amorphe Zustand unterscheidet sich vom kristallinen Zustand dadurch, dass die Moleküle lediglich in einer Nahordnung gebunden sind. Es fehlt ein symmetrisches und periodisches Kristallgitter. Glas ist – einfach ausgedrückt – eine eingefrorene, unterkühlte Flüssigkeit

Ob und inwieweit diese Glassplitter und der feine Glasstaub für Unfallopfer und Rettungskräfte eine potentielle Gefahr für die menschliche Physiologie in Bezug auf die

Schädigung von Atmungsorganen, Augen, Haut, Gehör und Verdauungstrakt dargestellt wird in dieser Arbeit näher beleuchtet.

Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass sich bei allen auftretenden Gefährdungen ein Großteil des gefährlichen Potentials durch die Anwendung der Vorgaben und Empfehlungen der Feuerwehr-Dienstvorschriften und der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung minimieren lässt.

Als Mindestausstattung hat eine Einsatzkraft bei der mechanischen Bearbeitung und Zerstörung von Autoglas die Mindestschutzausrüstung nach Feuerwehr-Dienstvorschrift 1 zu tragen.

Diese sollte je nach auftretender Gefährdung um spezielle Schutzkomponenten erweitert werden.

Nachfolgend werden die Auswirkungen von Glassplittern und Glasstaub auf die menschliche Physiologie sowie Anforderungen an die persönliche Schutzausrüstung in Bezug auf

- Atmungsorgane / Atemschutz,
- Augen / Gesichtsschutz,
- Haut / Schnittschutz / Infektionsschutz,
- Gehör / Gehörschutz,
- Verdauungstrakt.

kurz zusammengefasst.

- Atmungsorgane / Atemschutz

In der GESTIS Stoffdatenbank des Instituts für Arbeitsschutz (IFA) der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung findet man für Kieselglas (Siliciumdioxid, Kieselsäure amorph) folgende Angaben bzgl. der erforderlichen Persönlichen Schutzausrüstung (PSA) für die Atemwege:

- In Ausnahmesituationen (z.B. unbeabsichtigte Stofffreisetzung, Arbeitsplatzgrenzwertüberschreitung) ist das Tragen von Atemschutz erforderlich.
- Tragezeitbegrenzungen beachten,
- Atemschutzgerät: Partikelfilter P1, Kennfarbe weiß.

Die vfdb Richtlinie 06-01 „Technisch-medizinische Rettung nach Verkehrsunfällen“ empfiehlt für den Patienten- und Eigenschutz partikelfiltrierende Atemschutzmasken der Schutzklasse FFP2.

- Augen / Gesichtsschutz

Die GESTIS Stoffdatenbank empfiehlt als PSA für die Augen eine Gestellbrille mit Seitenschutz.

Die vfdb Richtlinie 06-01 „Technisch-medizinische Rettung nach Verkehrsunfällen“ empfiehlt für den Patienten- und Eigenschutz dagegen Hochleistungsvisiere nach DIN EN 14458.

Nach Aussage der GUV-Regel R 192 „Benutzung von Augen- und Gesichtsschutz“ der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung e.V. (DGUV) schützen bei Einwirkung von Feinstaub (Partikeldurchmesser < 5 µm) nur Korbbrillen mit der Kennzeichnung „5“.

Derartige kleine Partikelgrößen lassen sich, wie Untersuchungen gezeigt haben, bei keinem der von der Feuerwehr zum Einsatz gebrachten Rettungstrennwerkzeuge für die Zerstörung von Kraftfahrzeugscheiben ausschließen.

Die DIN EN 166 „Persönlicher Augenschutz“ fordert bei Feinstaub ebenfalls gemäß der dortigen Tabelle 12 — „Verwendung der Arten von Augenschutzgeräten für die verschiedenen Verwendungsbereiche“ die Kennzeichnung „5“. Diese Anforderung wird nur von Korbbrillen erfüllt, nicht dagegen von Bügelbrillen und Gesichtsschutzschilden.

Bei Arbeiten mit Rettungsgeräten bzw. beim Entfernen von Fahrzeugverglasung ist der Patient abzudecken oder die Arbeitsstelle abzuschirmen.

- Haut / Schnittschutz / Infektionsschutz

Bei der Bearbeitung von Glas oder durch Beschädigung oder Bruch können scharfe Kanten zu Schnittverletzungen führen.

Daher ist der Einsatz von Feuerwehrhandschuhen zu empfehlen, da diese bzgl. der Schnittfestigkeit auf Handschuhinnenfläche und Handschuhrücken geprüft sind.

Spezielle Handschuhe für die technische Hilfeleistung mit umfassendem allseitigem Schnittschutz sind ebenfalls einsetzbar.

Zum Schutz vor Schnittverletzungen und einer Ansteckung mit infektiösen Krankheiten ist das Tragen von Infektionsschutzhandschuhe nach DIN EN 455 unter den eigentlichen Arbeitshandschuhen ratsam.

- Gehör / Gehörschutz

Aufgrund der bei den motorgetriebenen Werkzeugen auftretenden hohen Schalldruckpegeln von 84 dB(A) bis zu 108 dB(A) als auch durch in den Gehörgang eintretende Staubpartikel ist es erforderlich, Gehörschutzstöpsel bzw. Kapselgehörschützer zu tragen.

- Verdauungstrakt

Eine Resorption von Kieselglas (Siliciumdioxid, Kieselsäure amorph) über den Magen-Darm-Trakt in toxikologisch relevanten Mengen ist nach Aussagen der GESTIS Stoffdatenbank unwahrscheinlich.

## 12. Literaturverzeichnis

/1/	Kullik, D.: /2017-1/	Gefährdung von Feuerwehr- und Rettungskräften durch Glasstaub bei Einsätzen der technischen Hilfeleistung bei Verkehrsunfällen Masterarbeit, Technische Universität Kaiserslautern, Fernstudium „Baulicher Brandschutz und Sicherheitstechnik“ KIT - Forschungsstelle für Brandschutztechnik Karlsruhe, 2017, unveröffentlicht
/2/	DFV /2018/	Feuerwehr-Statistik - : „Anzahl der Feuerwehren - Entwicklung zum 31. Dezember des jeweiligen Jahres“. Deutscher Feuerwehrverband (DFV) URL: <a href="http://www.feuerwehrverband.de/statistik.html">http://www.feuerwehrverband.de/statistik.html</a> Abrufdatum: 30.01.2018
/3/	FwDV /2018/	Feuerwehr-Dienstvorschriften Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK), 2018 URL: <a href="https://www.bbk.bund.de/DE/Service/Fachinformationsstelle/RechtundVorschriften/VorschriftenundRichtlinien/VolltextFwDv/FwDV-volltext_einstieg.html">https://www.bbk.bund.de/DE/Service/Fachinformationsstelle/RechtundVorschriften/VorschriftenundRichtlinien/VolltextFwDv/FwDV-volltext_einstieg.html</a>
/4/	FwDV1 /2007/	Feuerwehr-Dienstvorschrift 1 Grundtätigkeiten – Lösch- und Hilfeleistungseinsatz Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK), 2007 <a href="https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/FIS/DownloadsRechtundVorschriften/Volltext_Fw_">https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/FIS/DownloadsRechtundVorschriften/Volltext_Fw_</a>

		Dv/FwDV%201_Stand_Erl_Maerz07.pdf?__blob=publicationFile
/5/	FwG /2015/	„Feuerwehrgesetz (FwG)“ vom 2. März 2010, letzte berücksichtigte Änderung: 17. Dezember 2015 <a href="https://www.lfs-bw.de/Fachthemen/RechtOrganisation/Seiten/gesetze.aspx">https://www.lfs-bw.de/Fachthemen/RechtOrganisation/Seiten/gesetze.aspx</a>
/6/	VBG /2016/	Gib dem Staub keine Chance! Zehn goldene Regeln zur Staubbekämpfung Version 1.1/2016-01 Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV) Berlin, 2016 <a href="http://www.dguv.de/staub-info/zehn-goldene-regeln/index.jsp">http://www.dguv.de/staub-info/zehn-goldene-regeln/index.jsp</a>
/7/	vfdb /2018/	Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V. (vfdb), 2018 <a href="https://www.vfdb.de">https://www.vfdb.de</a>
/8/	vfdb-06/01-1 /2010/	Technisch-medizinische Rettung nach Verkehrsunfällen Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e. V., 2010 <a href="https://shop.vds.de/de/produkt/vfdb-06-01/">https://shop.vds.de/de/produkt/vfdb-06-01/</a>



/9/	vfdb-06/01-2 /2011/	Technisch-medizinische Rettung nach Verkehrsunfällen „Merkblatt zur vfdb Richtlinie 06/01“ Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V., 2011 <a href="https://www.vfdb.de/fileadmin/download/merkblatt0601.pdf">https://www.vfdb.de/fileadmin/download/merkblatt0601.pdf</a>
/10/	Golden Hour of Shock /2018/	Bundesanstalt Technisches Hilfswerk: „Golden hour of shock“. URL: <a href="http://www.technische-hilfeleistung.info/2010/06/23/golden-hour-of-shock-optimierung-der-einsatzzeit/">http://www.technische-hilfeleistung.info/2010/06/23/golden-hour-of-shock-optimierung-der-einsatzzeit/</a> Abrufdatum: 30.01.2018
/11/	Glas-Master /2018/	Glas-Master rescue-tec GmbH & Co. KG, Runkel-Ennerich, 2018 URL: <a href="https://www.rescue-tec.de/Glas-Master.html">https://www.rescue-tec.de/Glas-Master.html</a> <a href="https://www.rescue-tec.de/media/products/Glasmaster%20Bedienungsanleitung.pdf">https://www.rescue-tec.de/media/products/Glasmaster%20Bedienungsanleitung.pdf</a>
/12/	Säbelsägen /2015/	Säbelsägen im Praxistest, Feuerwehr Magazin eDossier 2015.: Ebner Verlag GmbH und Co. KG, Ulm, 2015, S. 2 -5
/13/	FW-Hof /2018/	Geräte zur technischen Hilfeleistung Freiwillige Feuerwehr der Stadt Hof e. V. 2018 <a href="http://www.fw-hof.de/index.php/technik/geraete/geraete-zur-">http://www.fw-hof.de/index.php/technik/geraete/geraete-zur-</a>

		technischen-hilfeleistung
/14/	THW-Fibel-II-6 /1977, 2018/	THW-Fibel - Metallverarbeitung. Bundesanstalt Technisches Hilfswerk (THW), Bonn, 1977, Abrufdatum 25.04.2018 <a href="http://www.thwhs.de/bibliothek/die-thw-fibel/">http://www.thwhs.de/bibliothek/die-thw-fibel/</a> URL: <a href="http://thwhs.de/wp-content/bibliothek/thw-fibel/thw-fibel-II-6.pdf">http://thwhs.de/wp-content/bibliothek/thw-fibel/thw-fibel-II-6.pdf</a>
/15/	Kullik, D.: /2017-2/	Kullik, Denis, Berufsfeuerwehr Heidelberg: Eigene Erfahrungen als (Berufs-)Feuerwehrmann. Heidelberg, 2017
/16/	Kullik, D.: /2017-3/	Berufsfeuerwehr Heidelberg: fotografische Aufnahmen. Heidelberg, 2017
/17/	BF Heidelberg /2017/	– „Praktische Einsatzübung der Berufsfeuerwehr Heidelberg zum Thema Technische Hilfeleistung bei Verkehrsunfällen“ vom 25.05.2017
/18/	Cimolino, U. et al.: /2003/	„Technische Hilfeleistung bei LKW-Unfällen“ ecommed Sicherheit: 1. Auflage, 2003, S. 171
/19/	Weber /2018/	„Betriebsanleitung zum Halligan-Tool“. Weber-Rescue-Systems, Güglingen: URL: <a href="https://www.weber-rescue.com/download/betriebsanleitung/de/Hydraulisch/B_A_Halligan_2014_DE.pdf">https://www.weber-rescue.com/download/betriebsanleitung/de/Hydraulisch/B_A_Halligan_2014_DE.pdf</a> . Abrufdatum: 30.01.2018

/20/	Feuerwehr Magazin /2010/	Technische Hilfeleistung nach PKW-Unfällen, Feuerwehr Magazin Sonderheft:“. Ebner Verlag GmbH und Co. KG, Ulm; 2010, S. 31 ff.
/21/	THW- Trennschleifer /2018/	„Trennschleifer“ Bundesanstalt Technisches Hilfswerk (THW), Bonn, Abrufdatum 30.01.2018 URL: <a href="https://www.thw.de/SharedDocs/Ausstattungen/DE/Geraete/trennschleifer.html">https://www.thw.de/SharedDocs/Ausstattungen/ DE/Geraete/trennschleifer.html</a>
/22/	Hoffmann, M.: /2016/	„Augenschutz für die Feuerwehr“ Feuerwehr Magazin eDossier 2015:.. Ebner Verlag GmbH und Co. KG, Ulm: 2016, S. 2 <a href="https://www.feuerwehrmagazin.de/edossier/augenschutz-fuer-die-feuerwehr-57226">https://www.feuerwehrmagazin.de/edossier/augenschu tz-fuer-die-feuerwehr-57226</a>
/23/	Hoffmann, M.: /2016/	„Mund und Nasenschutz“ Feuerwehr Magazin eDossier 2015:.. Ebner Verlag GmbH und Co. KG, Ulm: 2016, S.2 ff <a href="https://www.feuerwehrmagazin.de/edossier/mund-und-nasenschutz-bei-der-feuerwehr-57507">https://www.feuerwehrmagazin.de/edossier/mund-und- nasenschutz-bei-der-feuerwehr-57507</a>
/24/	UVEX /2018/	Atemschutzguide UVEX Arbeitsschutz GmbH, Fürth 2016 <a href="http://www.uvex-safety.com/fileadmin/www.uvex-sa-fety.com/Media/catalogues_and_brochures/de/uvex_At-emschutz-Guide_Gasfilter-Atemmasken_DE.pdf">http://www.uvex-safety.com/fileadmin/www.uvex- sa- fety.com/Media/catalogues_and_brochures/de/uvex_At emschutz-Guide_Gasfilter-Atemmasken_DE.pdf</a> <a href="https://www.uvex-safety.com/de/wissen/normen-und-richtlinien/atemschutzmasken/die-bedeutung-der-ffp-">https://www.uvex-safety.com/de/wissen/normen-und- richtlinien/atemschutzmasken/die-bedeutung-der-ffp-</a>

		<p>schutzklassen/  Abrufdatum: 3.05.2018  „Die Bedeutung der FFP-Schutzklassen“.  UVEX Arbeitsschutz GmbH: Fürth  URL: <a href="https://www.uvex-safety.com/de/wissen/normen-und-richtlinien/atemschutzmasken/die-bedeutung-der-ffp-schutzklassen/">https://www.uvex-safety.com/de/wissen/normen-und-richtlinien/atemschutzmasken/die-bedeutung-der-ffp-schutzklassen/</a></p>
/25/ /2016/	Hoffmann, M.:	<p>„Gehörschutz“  Feuerwehr Magazin eDossier 2015.: Ebner Verlag GmbH und Co. KG, Ulm: 2016</p>
/26/ /2018/	UVEX-Gehörschutz	<p>Gehörschutz  UVEX Arbeitsschutz GmbH: Fürth  URL: <a href="https://www.uvex-safety.com/de/wissen/normen-und-richtlinien/gehoerschutz/">https://www.uvex-safety.com/de/wissen/normen-und-richtlinien/gehoerschutz/</a>  Abrufdatum: 30.01.2018</p>
/27/ /2018/	Baunetz	<p>„Kalk-Natron-Silikatglas“  BauNetz Media GmbH: Berlin  URL: <a href="https://www.baunetzwissen.de/glossar/k/kalk-natron-silikatglas-51367">https://www.baunetzwissen.de/glossar/k/kalk-natron-silikatglas-51367</a>  Abrufdatum: 30.01.2018</p>
/28/ /2015/	Teipel, U. et al.:	<p>„Entstehung von Glasstaubpartikeln durch den Einsatz von Rettungstrennwerkzeugen“  Gefahrstoffe- Reinhaltung der Luft - Ausgabe 3/2015  Springer-VDI-Verlag: Düsseldorf, 2015, S. 101-105.</p>

/29/	DGUV 205-021 /2012/	Leitfaden zur Erstellung einer Gefährdungsbeurteilung im Feuerwehrdienst“  Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV): „DGUV Information 205-021, (bisher: BGI/GUV-I 8663), Oktober 2012 <a href="http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/i-8663.pdf">http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/i-8663.pdf</a>
/30/	DGUV 1 /2013/	Grundsätze der Prävention DGUV Vorschrift 1 Unfallverhütungsvorschrift Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), 2013 <a href="https://www.dguv.de/de/praevention/vorschriften_regeln/dguv-vorschrift_1/index.jsp">https://www.dguv.de/de/praevention/vorschriften_regeln/dguv-vorschrift_1/index.jsp</a> <a href="http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/1.pdf">http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/1.pdf</a>
/31/	DGUV /2018/	„Gibt es Schutzbrillen, die einen vollständigen Schutz der Augen vor Staubeinwirkung bieten?“ Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) – URL: <a href="http://www.dguv.de/fb-psa/sachgebiete/sachgebiet-augenschutz/faq-zum-sachgebiet/vollstaendiger-augenschutz-vor-staubeinwirkung/index.jsp">http://www.dguv.de/fb-psa/sachgebiete/sachgebiet-augenschutz/faq-zum-sachgebiet/vollstaendiger-augenschutz-vor-staubeinwirkung/index.jsp</a> Abrufdatum 30.01.2018
/32/	Wagner, E.: /2012/	Glasschäden – Oberflächenbeschädigungen in Theorie und Praxis, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2012

/33/ /1998/	Schittich , C. et al.:	Glasbau Atlas Birkhäuser Verlag, Basel, Boston, Berlin, 1998
/34/ /2010/	SANCO	SANCO Glashandbuch S. 143 ff, Glas Trösch Beratungs-GmbH, Ulm- Glas Trösch Beratungs-GmbH, Ulm-Donautal, 2010 URL: <a href="https://www.glastroesch.de/services/wissen/glashandbuch.html">https://www.glastroesch.de/services/wissen/glashandbuch.html</a>
/35/ /2018/	Saint-Gobain - ESG	„Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG)“ Saint-Gobain Sekurit Deutschland GmbH & Co. KG.: URL: <a href="http://www.saint-gobain-sekurit.de/produkte/einscheibensicherheitsglas.html">http://www.saint-gobain-sekurit.de/produkte/einscheibensicherheitsglas.html</a> Abrufdatum 30.01.2018
/36/ /2018/	Saint-Gobain - VSG	„Verbund-Sicherheitsglas (VSG)“ Saint-Gobain Sekurit Deutschland GmbH & Co. KG, URL: <a href="http://www.saint-gobain-sekurit.de/produkte/verbundsicherheitsglas.html">http://www.saint-gobain-sekurit.de/produkte/verbundsicherheitsglas.html</a> Abrufdatum 30.01.2018
/37/ /1998/	Richtlinie 98/24/EG	Richtlinie 98/24/EG des Rates vom 7. April 1998 zum Schutz von Gesundheit und Sicherheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch chemische Arbeitsstoffe bei der Arbeit, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, vierzehnte Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG) <a href="http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:31998L0024&amp;from=DE">http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:31998L0024&amp;from=DE</a>

/38/	DGUV 112-190 /2011/	Benutzung von Atemschutzgeräten DGUV Regel 112-190, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV), Berlin, 2011 <a href="http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/r-190.pdf">http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/r-190.pdf</a>
/39/	GUV-R 192 /2002/	GUV-Regel R 192 Benutzung von Augen- und Gesichtsschutz Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV), Berlin, 2002, <a href="http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/r-192.pdf">http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/r-192.pdf</a>
/40/	DGUV 112-995 /2011/	DGUV Regel 112-995 Benutzung von Schutzhandschuhen Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV), Berlin, 2011, <a href="http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/r-195.pdf">http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/r-195.pdf</a>
/41/	DGUV 112-194 /2015/	DGUV Regel 112-194 Benutzung von Gehörschutz Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV), Berlin, 2015, <a href="http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/112-194.pdf">http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/112-194.pdf</a>
/42/	ASR A1.3 /2017/	Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung Technische Regeln für Arbeitsstätten. Ausgabe: Februar 2013, zuletzt geändert GMBI 2017 <a href="https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/ASR/ASR-A1-3.html">https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/ASR/ASR-A1-3.html</a>

/43/ /2015/	BG Bau 341	Umgang mit Mineralwolle-Dämmstoffen (Glaswolle, Steinwolle) – Handlungsanleitung, Abruf-Nr.: 341 Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG Bau) Berlin, 2015 <a href="http://www.bgbau-medien.de/bau/g_minwolle/titel.htm">http://www.bgbau-medien.de/bau/g_minwolle/titel.htm</a>
/44/ /2017/	TRGS 905	Verzeichnis krebserzeugender, keimzellmutagener oder reproduktionstoxischer Stoffe TRGS 905, Technische Regel für Gefahrstoffe Ausgabe: März 2016 GMBI 2016 S. 378-390 [Nr. 19] vom 03.05.2016 zuletzt geändert und ergänzt: GMBI 2017 S. 372 [Nr. 20] vom 08.06.2017 <a href="https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRGS/TRGS-905.html">https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRGS/TRGS-905.html</a>
/45/ /1998/	[BIA-Report	Fasern - Tests zur Abschätzung der Biobeständigkeit und zum Verstaubungsverhalten BIA-Report 2/98 Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG), Sankt Augustin 1998 <a href="http://www.dguv.de/ifa/publikationen/reports-download/bia-reports-1997-bis-1998/bia-report-2-98/index.jsp">http://www.dguv.de/ifa/publikationen/reports-download/bia-reports-1997-bis-1998/bia-report-2-98/index.jsp</a>
/46/ /1998/	Schittich, C., et al.:	Glasbau Atlas Birkhäuser Verlag, Basel, Boston, Berlin, 1998
/47/ /2018/	DIN 14011	Feuerwehrwesen – Begriffe Beuth Verlag, Berlin, 2018



/48/	Beneke, N., et al.: /2012/	Das Feuerwehr-Lehrbuch, 2. Auflage Grundlagen - Technik – Einsatz Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart, 2012
/49/	Cimolino, U., et al. /2003/	Technische Hilfeleistung bei LKW-Unfällen - Technische und medizinische Rettung eingeklemmter Personen, Umgang mit verunfallten schweren Straßenfahrzeugen 1. Auflage, ecomed Verlagsgesellschaft AG & Co. KG, 2003 <a href="https://books.google.de/books?id=Nihefpa2dAcC&amp;pg=PA189&amp;lpg=PA189&amp;dq=zwillingss%C3%A4gen&amp;source=bl&amp;ots=kqcg4Vmx05&amp;sig=gkV0N8DM528UcCWCxGKxv-sesow8&amp;hl=de&amp;sa=X&amp;ved=0ahUKEwi7yam3ib_aAhUCJIAKHAY8CQ4Q6AEIbzAK#v=onepage&amp;q=zwillingss%C3%A4gen&amp;f=false">https://books.google.de/books?id=Nihefpa2dAcC&amp;pg=PA189&amp;lpg=PA189&amp;dq=zwillingss%C3%A4gen&amp;source=bl&amp;ots=kqcg4Vmx05&amp;sig=gkV0N8DM528UcCWCxGKxv-sesow8&amp;hl=de&amp;sa=X&amp;ved=0ahUKEwi7yam3ib_aAhUCJIAKHAY8CQ4Q6AEIbzAK#v=onepage&amp;q=zwillingss%C3%A4gen&amp;f=false</a>
/50/	DIN EN 149 /2009/	Atemschutzgeräte – Filternde Halbmasken zum Schutz gegen Partikeln – Anforderungen, Prüfung, Kennzeichnung; Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2009
/51/	DIN EN 455 /2001, 2009, 2015, 2016/	Medizinische Handschuhe zum einmaligen Gebrauch Teil 1 – 4, Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2001, 2009, 2015, 2016

/52/	DIN EN 352-1,-2 /2002/	DIN EN 352-1: Gehörschützer - Allgemeine Anforderungen - Teil 1: Kapselgehörschützer; DIN EN 352-2: Gehörschützer - Allgemeine Anforderungen - Teil 2: Gehörschutzstöpsel Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2002
/53/	Mattenklott, M., Höfert, N.: /2009/	Stäube an Arbeitsplätzen und in der Umwelt - Vergleich der Begriffsbestimmungen Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft, 69, Nr. 4, 2009, S. 127 – 129
/54/	DIN EN 481 /1993/	Arbeitsplatzatmosphäre Festlegung der Teilchengrößenverteilung zur Messung luftgetragener Partikel, Beuth Verlag GmbH, Berlin, 1993
/55/	Richtlinie 2008/50/EG /2008/	Richtlinie 2008/50/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa <a href="http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0050&amp;qid=1419250736800&amp;from=DE">http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0050&amp;qid=1419250736800&amp;from=DE</a>  <a href="https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/regelungen-strategien/luftreinhaltung-in-der-eu#textpart-1">https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/regelungen-strategien/luftreinhaltung-in-der-eu#textpart-1</a>

/56/	UBA /2018/	Feinstaub Umweltbundesamt Präsidialbereich / Presse- und Öffentlichkeitsarbeit, Internet Dessau-Roßlau, 2018 <a href="https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftschaedst-off-emissionen-in-deutschland/emission-von-feinstaub-der-partikelgroesse-pm10">https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftschaedst-off-emissionen-in-deutschland/emission-von-feinstaub-der-partikelgroesse-pm10</a> <a href="https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftschaedst-off-emissionen-in-deutschland/emission-von-feinstaub-der-partikelgroesse-pm25">https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftschaedst-off-emissionen-in-deutschland/emission-von-feinstaub-der-partikelgroesse-pm25</a>
/57/	LGA-BW /2018/	MRSA (Methicillin resistenter Staphylococcus aureus), Regierungspräsidium Stuttgart, Landesgesundheitsamt Stuttgart, 2018 <a href="https://www.gesundheitsamt-bw.de/lga/DE/Kompetenzzentren_Netzwerke/MRE-Netzwerk/Seiten/MRSA.aspx">https://www.gesundheitsamt-bw.de/lga/DE/Kompetenzzentren_Netzwerke/MRE-Netzwerk/Seiten/MRSA.aspx</a>
/58/	GESTIS-Glaswolle /2018/	Glaswolle GESTIS Stoffdatenbank des Instituts für Arbeitsschutz (IFA), Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin, 2018 <a href="http://www.dguv.de/ifa/gestis/gestis-stoffdatenbank/index.jsp">http://www.dguv.de/ifa/gestis/gestis-stoffdatenbank/index.jsp</a>
/59/	GESTIS-Kieselglas /2018/	Kieselglas GESTIS Stoffdatenbank des Instituts für Arbeitsschutz (IFA). 2018, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin, 2018 <a href="http://www.dguv.de/ifa/gestis/gestis-stoffdatenbank/index.jsp">http://www.dguv.de/ifa/gestis/gestis-stoffdatenbank/index.jsp</a>

/60/ /2015/	Schott UG11	UG11, Anorganisches Glas Sicherheitsdatenblatt, Schott AG, Mainz, 2015 <a href="https://www.schott.com/d/advanced_optics/c5e0b0e2-a3c3-4b5c-9933-1aeb1b7b427c/UG11_SDS_DE_V5_201505.pdf?tenant=ao-cert">https://www.schott.com/d/advanced_optics/c5e0b0e2-a3c3-4b5c-9933-1aeb1b7b427c/UG11_SDS_DE_V5_201505.pdf?tenant=ao-cert</a>
/61/ /2018/	BMVI	Internationale Harmonisierung der technischen Vorschriften für Kraftfahrzeuge Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Berlin 2018 <a href="https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/StV/internationale-harmonisierung-der-technischen-vorschriften-fuer-kraftfahrzeuge.html">https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/StV/internationale-harmonisierung-der-technischen-vorschriften-fuer-kraftfahrzeuge.html</a>
/62/ /2017/	StVZO	Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO) Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, Berlin, Oktober 2017 <a href="https://www.gesetze-im-internet.de/stvzo_2012/StVZO.pdf">https://www.gesetze-im-internet.de/stvzo_2012/StVZO.pdf</a>
/63/ /2014/	ECE R 43	Uniform Provisions Concerning Approval of Safety Glazing Materials and there Installation on Vehicles Regulation No. 43, Rev 3, 29.August 2012, Amend.2 – Cporr.1, 18. July 2014 United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) <a href="https://www.unece.org/trans/areas-of-work/vehicle-regulations/agreements-and-regulations/un-">https://www.unece.org/trans/areas-of-work/vehicle-regulations/agreements-and-regulations/un-</a>

		<p>regulations-1958-agreement/regulations-addenda-to-the-1958-agreement/old-version-of-regulations-pages/regs-41-60.html</p> <p>In deutscher Sprache:  Regelung Nr. 43 der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UN/ECE) — Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung der Sicherheitsverglasungswerkstoffe und ihres Einbaus in Fahrzeuge  Veröffentlicht am: 2014-02-12  <a href="https://publications.europa.eu/de/publication-detail/-/publication/6d819756-93c0-11e3-bf99-01aa75ed71a1/language-de">https://publications.europa.eu/de/publication-detail/-/publication/6d819756-93c0-11e3-bf99-01aa75ed71a1/language-de</a></p>
/64/	GUV-V C 53 /2005/	<p>Unfallverhütungsvorschrift Feuerwehren mit Durchführungsanweisungen vom Juli 2003, Aktualisierte Ausgabe  Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV), Berlin, 2005   <a href="http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/vorschrift49.pdf">http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/vorschrift49.pdf</a></p>
/65/	BGI/GUV-I 8651 /2011/	<p>Sicherheit im Feuerwehrdienst  Arbeitshilfen für Sicherheit und Gesundheitsschutz  Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV), Berlin, 2011  <a href="http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/i-8651.pdf">http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/i-8651.pdf</a></p>
/66/	ArbSchG /2015/	<p>Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der</p>

		Arbeit (Arbeitsschutzgesetz - ArbSchG), zuletzt geändert 2015 <a href="https://www.gesetze-im-internet.de/arbschg/">https://www.gesetze-im-internet.de/arbschg/</a>
/67/	Heck, J., Springer, jun. H.: /2004/	Bergung aus modernen Fahrzeugen: Erkenntnisse aus der Praxis Feuerwehr Fachzeitschrift (FFZ), 5/2004, S. 282 – 286
/68/	Vangura, Jr., Al.: /2013/	Glass Dust Confusion: How the Rescue Community Has Been Left in a Cloud Fire Apparatus & Emergency Equipment, 2013, p. 10 - 11 <a href="https://www.fireapparatusmagazine.com/articles/print/volume-18/issue-12/features/glass-dust-confusion-how-the-rescue-community-has-been-left-in-a-cloud.html">https://www.fireapparatusmagazine.com/articles/print/volume-18/issue-12/features/glass-dust-confusion-how-the-rescue-community-has-been-left-in-a-cloud.html</a>
/69/	WHO – IARC /1997/	IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans - Silica, Some Silicates, Coal Dust and para-Aramid Fibrils, Worlds Health Organization, International Agency for Research in Cancer, Volume 68, Lyon, 1997
/70/	Villota, R., Hawkes J.G.: /1986/	Critical Reviews in Food Science and Nutrition Volume 23, 1986 - Issue 4 <a href="https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/10408398609527428?needAccess=true">https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/10408398609527428?needAccess=true</a>
/71/	Fruijtier-Pölloth, C.: /2012/	The toxicological mode of action and the safety of syn- thetic amorphous silica - A nanostructured material Toxicology 294, 2012, p. 61 -79 <a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030</a>

		0483X12000431?via%3Dihub
/72/ /2002/	Merget, R. et al.:	Health hazards due the inhalation of amorphous silica. Archives of Toxicology 75, 2002, p. 625 -634 <a href="https://link.springer.com/journal/volumesAndIssues/204">https://link.springer.com/journal/volumesAndIssues/204</a> <a href="https://link.springer.com/article/10.1007/s002040100266">https://link.springer.com/article/10.1007/s002040100266</a>
/73/ /2018/	TK	Atemwegs- und HNO-Erkrankungen Techniker Krankenkasse, Hamburg, 2018 <a href="https://www.tk.de/techniker/service/gesundheit-und-medizin/behandlungen-und-medizin/atemwegs-und-hno-erkrankungen-2010738">https://www.tk.de/techniker/service/gesundheit-und-medizin/behandlungen-und-medizin/atemwegs-und-hno-erkrankungen-2010738</a>
/74/ /2011/	TwinSaw	TwinSaw Rettungstechnik GmbH & Co. KG, TwinSaw Katalog, Herten, 2011 <a href="http://www.twinsaw.de/fileadmin/twinsaw/downloads/9_Katalog_2011_A4.pdf">http://www.twinsaw.de/fileadmin/twinsaw/downloads/9_Katalog_2011_A4.pdf</a>
/75/ /2017/	RKI – Sepsis	Sepsis – neue Definition, neue Kontroversen Epidemiologisches Bulletin, 14. September 2017 / Nr. 37, Robert Koch-Institut, Berlin, 2017 <a href="https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2017/37/Art_01.html;jsessionid=2A98A37375CA9DDC0C5F9459EB5BCC9A.2_cid363?nn=2386228">https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2017/37/Art_01.html;jsessionid=2A98A37375CA9DDC0C5F9459EB5BCC9A.2_cid363?nn=2386228</a>
/76/ /2008/	DIN EN 659	Feuerwehrschtzhandschuhe; Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2008

/77/ /2017/	DIN EN 388	Schutzhandschuhe gegen mechanische Risiken; Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2017
/78/ /2018/	BMAS	Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS), Berlin, 2018 <a href="https://www.bmas.de/DE/Service/Gesetze/arbeitsschutzgesetz.html">https://www.bmas.de/DE/Service/Gesetze/arbeitsschutzgesetz.html</a>
/79/ /2002/	DIN EN 166	Persönlicher Augenschutz Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2002
/80/ /2018/	Stihl--1	Trennschleifer TS 700 ANDREAS STIHL AG & Co. KG, Waiblingen, 2018 <a href="https://www.stihl.de/STIHL-Produkte/Gesteinschneider-Trennschleifer-und-Erdbohrer%C3%A4te/Trennschleifer/2904-510/TS-700.aspx">https://www.stihl.de/STIHL-Produkte/Gesteinschneider-Trennschleifer-und-Erdbohrer%C3%A4te/Trennschleifer/2904-510/TS-700.aspx</a>
/81/ /2018/	Stihl-2	Kettensäge für Rettungseinsätze MS 462 C-M R, ANDREAS STIHL AG & Co. KG, Waiblingen, 2018 <a href="https://www.stihl.de/STIHL-Produkte/Motors%C3%A4gen-und-Kettens%C3%A4gen/Spezials%C3%A4gen/Rettungss%C3%A4ge/279879-1714/MS-462-C-M-R.aspx">https://www.stihl.de/STIHL-Produkte/Motors%C3%A4gen-und-Kettens%C3%A4gen/Spezials%C3%A4gen/Rettungss%C3%A4ge/279879-1714/MS-462-C-M-R.aspx</a>
/82/ /2018/	Makita-1	Akku-Reciprosäge DJR186RT & DJR186ZK Makita Werkzeug GmbH, Ratingen, 2018 <a href="https://www.makita.de/produkte/akku-programm/akku-reciprosaege-djr186/">https://www.makita.de/produkte/akku-programm/akku-reciprosaege-djr186/</a>



/83/	Makita-2 /2018/].	Benzin-Trennschleifer 350 mm, 3,2 kW EK6101 Makita Werkzeug GmbH, Ratingen, 2018 <a href="https://www.makita.de/produkte/alle-produkte/">https://www.makita.de/produkte/alle-produkte/</a>
/84/	DIN EN 14458 /2016/	Persönlicher Augenschutz – Hochleistungsvisiere zur ausschließlichen Verwendung an Schutzhelmen Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2008
/85/	Buchenau, S.: /2015/	Staublunge verhindern Teil 3: Mundschutz Feuerwehr-Magazin, 12/2015, S. 93 - 95

## 13. Anhang

Tabelle 13-1: Zehn goldene Regeln zur Staubbekämpfung Schwebeverhalten von Staubteilchen [VBG /2016/]

Regel Nr.		Bemerkungen
1	Staub erst gar nicht entstehen lassen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Feine, lungengängige Staubpartikel von 5 µm und kleiner sind so leicht, dass es unter Umständen mehrere Stunden dauern kann, bis sie sich wieder auf dem Boden absetzen.</li> <li>• Dieses Feinstaub-Luft-Gemisch ist für das menschliche Auge so gut wie unsichtbar.</li> <li>• Mit schnell laufenden Bearbeitungsgeräten entsteht im Gegensatz zu langsam laufenden grob zerspanenden Verfahren viel feiner Staub mit sehr hohem Energieeintrag (zusätzliche Ausbreitung der Teilchen).</li> <li>• Staubfreisetzende Materialien und Rohstoffe können in andere Arbeitsbereiche verschleppt werden.</li> <li>• Aufgeschüttetes oder offen gelagertes Material soll abgedeckt oder ggf. feucht gehalten werden.</li> <li>• Daher ist Unterweisung im Umgang mit staubenden Materialien erforderlich.</li> </ul>
2	Staubarme Materialien verwenden	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durch Pelletierung, Einsatz von Bindern, Auswaschen des Feinstaubanteils, Mikroverkapseln von Partikeln lässt sich die Freisetzung von Staub oft nachhaltig verringern.</li> <li>• Je weniger die einzelnen Teilchen im Schüttgut mit Luft umhüllt sind, desto weniger neigen sie zum Verstauben.</li> <li>• Können toxische beziehungsweise gesundheitsgefährliche Stäube durch solche mit weniger gefährlichen Eigenschaften ersetzt werden?</li> </ul>

3	Möglichst in geschlossenen Anlagen arbeiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die wirksamste technische Staubbekämpfungsmaßnahme ist das Arbeiten in geschlossenen Anlagen (Kapselung, Einhausung).</li> </ul>
4	Staub unmittelbar an der Entstehungsstelle absaugen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• oft kann trotz Ausschöpfen aller Möglichkeiten und Einsatz modernster Technik das Austreten von Staub in die Luft am Arbeitsplatz nicht verhindert werden.</li> <li>• In diesen Fällen ist es ganz besonders wichtig, die Stäube unmittelbar an der Entstehungs- beziehungsweise Austrittsstelle zu erfassen und abzusaugen, um eine weitere Ausbreitung zu vermeiden.</li> </ul>
5	Absaugungen optimieren und regelmäßig warten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beim Bau von Absauganlagen zur Staubbekämpfung empfiehlt es sich in der Regel, eine Fachfirma zu beauftragen.</li> <li>• Dies gilt sowohl für den einfachen Staubsauger als auch für komplexe Großanlagen.</li> </ul> <p>1. Grundregeln für richtiges Absaugen</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 1. Die Staubquelle ist so weit wie möglich einzuhausieren beziehungsweise zu kapseln.</li> <li>2. 2. So nahe wie möglich an der Staubquelle absaugen.</li> <li>3. 3. Absaugvorrichtung richtig anordnen, das heißt im Schadstoffstrom zwischen Emissionsquelle und Absaugvorrichtung dürfen sich keine Beschäftigten aufhalten.</li> <li>4. 4. Eigenbewegung der Staubteilchen ausnutzen.</li> <li>5. 5. Ausreichenden Luftstrom einstellen.</li> <li>6. 6. Luftgeschwindigkeit in der Ansaugzone gleichmäßig verteilen.</li> <li>7. 7. Ausreichend Frischluft zuführen.</li> <li>8. 8. Zugluft vermeiden.</li> <li>9. 9. Unbelastete Frischluft ansaugen.</li> </ol> <p>2. Prüfung von Absauganlagen: Die Anlage ist jeweils vor Arbeitsbeginn auf</p>

		ihre Funktionsfähigkeit zu prüfen. 3. Wartung der Abgasanlagen
6	Arbeitsräume ausreichend lüften	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trotz der Möglichkeit, Anlagen einzuhaussen oder den Staub an der Entstehungsstelle direkt abzusaugen ist es manchmal nicht möglich, das Freiwerden von Staub ganz zu verhindern.</li> <li>• Dabei ist gerade der besonders tückische Feinstaub für das bloße Auge nicht sichtbar und kann sich nach Ende des Arbeitsvorganges noch stundenlang in der Luft halten.</li> <li>• Eine ausreichende Lüftung der Arbeitsräume ist daher unverzichtbar. Die verunreinigte Luft wird dabei durch gezielte Luftzufuhr verdrängt oder verdünnt. Grundsätzlich wird zwischen freier und maschineller Lüftung unterschieden.</li> <li>• Die Zuluft darf nicht aus Arbeitsbereichen mit Staubbelastung entnommen werden.</li> <li>• Unerwartete Effekte (z.B. Termik im Raum, starke Winde, extreme Thermik) können die freie Lüftung stark beeinträchtigen.</li> <li>• Lüftungsanlage muss die freigesetzten Stäube zuverlässig abführen können.</li> </ul>
7	Abfälle sofort und staubfrei beseitigen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• An der Entleerestelle der Auffangvorrichtung müssen Maßnahmen getroffen werden, die eine erneute Verstaubung des Materials verhindern. <ul style="list-style-type: none"> <li>○ z. B. Absauganlage installieren</li> <li>○ oder Material befeuchten.</li> </ul> </li> </ul>
8	Arbeitsplätze regelmäßig reinigen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Staubbelastungen am Arbeitsplatz nicht nur von Maschinen und Verarbeitungsprozessen sondern von</li> <li>• Material, das sich auf Fußböden, Maschinen und Anlagen ablagert und wieder aufgewirbelt wird.</li> <li>• Nach Möglichkeit sollte nass bzw. feucht gereinigt werden.</li> <li>• kein Trockenkehren mit dem Besen</li> <li>• kein Abblasen mit Druckluft von Staubablagerungen wegen Aufwirbelung <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Einmal aufgewirbelte Teilchen be-</li> </ul> </li> </ul>

		<p>nötigen mehrere Stunden bis sie sich wieder auf dem Boden oder anderen Flächen absetzen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Die kleinen Partikel sind so fein, dass sie für das menschliche Auge so gut wie nicht sichtbar sind.</li> <li>• glatte Wände und Fußböden notwendig</li> <li>• Bereiche leicht zugänglich</li> <li>• Einrichtungen zum Erfassen, Abscheiden und Niederschlagen von Stäuben müssen dem Stand der Technik entsprechen.</li> <li>• Bei der erstmaligen Inbetriebnahme ist der Nachweis einer ausreichenden Wirksamkeit zu erbringen.</li> <li>• Die Einrichtungen sind mindestens jährlich auf ihre Funktionsfähigkeit zu prüfen, zu warten und gegebenenfalls instand zu setzen.</li> </ul>
9	Arbeitskleidung sauber halten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mindestens Tragen von geschlossener Arbeitskleidung</li> <li>• Arbeitskleidung (incl. Schuhe) getrennt von Straßenkleidung in geschlossenen Schränken aufbewahren.</li> <li>• Private Reinigung von verstaubter Arbeitskleidung ist nach Möglichkeit zu vermeiden</li> <li>• Transport der verschmutzten Arbeitskleidung zur Reinigung soll in geschlossenen Behältern erfolgen</li> <li>• Bei sehr starken Verschmutzungen oder bei Tätigkeiten mit toxischen Stäuben ist es erforderlich, sogenannte Schwarz-Weiß-Bereiche einzurichten. <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Im Schwarz-Bereich werden die verschmutzten Kleider abgelegt und der Reinigung zugeführt.</li> <li>○ Ausschütteln oder Abblasen mit Druckluft ist nicht zulässig.</li> <li>○ An den Schwarz-Bereich schließt sich idealerweise eine Duschkabine an.</li> <li>○ In dem angeschlossenen Weiß-Bereich wird die saubere Arbeitskleidung oder die Straßenbeklei-</li> </ul> </li> </ul>

		dung angezogen.
10	Bei staubintensiven Arbeiten Atemschutz benutzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• In der Regel darf Atemschutz nur so lange getragen werden, bis die Staubbelastung wieder minimiert beziehungsweise die Grenzwerte wieder eingehalten werden.</li> <li>• Es gibt aber auch staubintensive Arbeiten und Tätigkeiten, bei denen – zumindest für begrenzte Zeit – kein Weg am Atemschutz und eventuellen weiteren Schutzmaßnahmen vorbeiführt.</li> <li>• Besonders bei der manuellen Bearbeitung von mineralischen Erzeugnissen mit modernen Hochleistungswerkzeugen – zum Beispiel Schneiden, Schleifen, Fräsen von Baustoffen auf Baustellen – können extrem hohe Staubbelastungen auftreten.</li> <li>• In jedem Fall ist zunächst durch eine Gefährdungsbeurteilung zu ermitteln, ob Technik und Organisation wirklich ausgereizt sind (siehe Regeln 1 bis 9) und der Einsatz von Persönlicher Schutzausrüstung (PSA) notwendig ist.</li> <li>• Für jede Tätigkeit sind allgemeine und spezielle Einflussfaktoren gemeinsam zu beurteilen: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Arbeitsumfeld – zum Beispiel Räumlichkeiten und Arbeitsplatz</li> <li>○ Arbeitsverfahren aber auch individuelle Arbeitsweise</li> <li>○ Art der Staubquellen in Verbindung mit Zeitpunkt und Dauer der Staubfreisetzung</li> <li>○ Vorhandensein und richtige Verwendung von Schutzeinrichtungen und Schutzmaßnahmen</li> <li>○ Art, Wirksamkeit und Zustand von Absaug- und Lüftungseinrichtungen</li> <li>○ Organisatorische Maßnahmen</li> </ul> </li> <li>• Liegen bereits Staubmessergebnisse für vergleichbare Tätigkeiten oder Arbeitsplätze vor, so kann auf weitere Arbeitsplatzmessungen verzichtet</li> </ul>

		<p>werden.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ergibt die Gefährdungsbeurteilung, dass die stoffbezogenen Luftgrenzwerte –zum Beispiel für Blei-Staub – oder der Luftgrenzwert für einatembaren und alveolengängigen Staub (Allgemeiner Staubgrenzwert) nicht eingehalten werden, ist geeignete Persönliche Schutzausrüstung zur Verfügung zu stellen. Damit ist nicht nur Atemschutz, sondern gegebenenfalls auch geschlossene Arbeitskleidung, Schutzbrille und eine Kopfbedeckung gemeint – zum Beispiel bei Überkopf arbeiten.</li></ul>
--	--	--

Tabelle 13-2: Gas- und Spezialfilter und ihre Hauptanwendungsbereiche (Typen, Kennfarben, Hauptanwendungsbereiche, Klassen und Einsatzgrenzen) [DGUV 112-190 /2011/]

Typ	Kennfarbe	Hauptanwendungsbereich	Klasse	Einsatzgrenzen
A	braun	Organische Gase und Dämpfe mit Siedepunkt > 65°C	1	1 000 ml/m <sup>3</sup> (0,1 Vol.-%)
			2	5 000 ml/m <sup>3</sup> (0,5 Vol.-%)
			3	10 000 ml/m <sup>3</sup> (1,0 Vol.-%)
B	grau	Anorganische Gase und Dämpfe, z.B. Chlor, Hydrogensulfid (Schwefelwasserstoff), Hydrogencyanid (Blausäure), – nicht gegen Kohlenstoffmonoxid	1	1 000 ml/m <sup>3</sup> (0,1 Vol.-%)
			2	5 000 ml/m <sup>3</sup> (0,5 Vol.-%)
			3	10 000 ml/m <sup>3</sup> (1,0 Vol.-%)
E	gelb	Schwefeldioxid, Hydrogenchlorid (Chlorwasserstoff) und andere saure Gase	1	1 000 ml/m <sup>3</sup> (0,1 Vol.-%)
			2	5 000 ml/m <sup>3</sup> (0,5 Vol.-%)
			3	10 000 ml/m <sup>3</sup> (1,0 Vol.-%)
K	grün	Ammoniak und organische Ammoniak-Derivate	1	1 000 ml/m <sup>3</sup> (0,1 Vol.-%)
			2	5 000 ml/m <sup>3</sup> (0,5 Vol.-%)
			3	10 000 ml/m <sup>3</sup> (1,0 Vol.-%)
AX	braun	niedrigsiedende organische Verbindungen (Siedepunkt ≤ 65°C) der Niedrigsiedergruppen 1 und 2 (siehe Abschnitt 1.2.2.1 in [DGUV 112-190 /2011/])	-	Gr 1 100 ml/m <sup>3</sup> für max. 40 min <sup>*)</sup> Gr 1 500 ml/m <sup>3</sup> für max. 20 min <sup>*)</sup> Gr 2 1 000 ml/m <sup>3</sup> für max. 60 min <sup>*)</sup> Gr 2 5 000 ml/m <sup>3</sup> für max. 20 min <sup>*)</sup>
SX	violett	wie vom Hersteller festgelegt	-	5 000 ml/m <sup>3</sup> (0,5 Vol.-%)
NO-P3	blau-weiß	nitrose Gase, z.B. NO, NO <sub>2</sub> , NOx	-	2 500 ml/m <sup>3</sup> für max. 20 min <sup>*)</sup> unbedingt Herstellerangaben beachten
Hg-P3	rot-weiß	Quecksilber	-	Herstellerangaben beachten
CO	schwarz	Kohlenstoffmonoxid	20	20 min <sup>*)</sup>
			60	60 min <sup>*)</sup>
			180	180 min <sup>*)</sup>
			60 W	W = Wiederbenutzbarkeit innerhalb einer Woche
			180 W	
Reaktor	orange-weiß	radioaktives Iod einschließlich radioaktivem Iodmethan auch gegen radioaktiv kontaminierte Partikel	-	Herstellerangaben beachten

\*) Mehrfachgebrauch ausschließlich innerhalb einer Arbeitsschicht



Tabelle 13-3: Auszug aus dem Arbeitsschutzgesetz [ArbSchG /2015/]

- § 1 Zielsetzung und Anwendungsbereich

Dieses Gesetz dient dazu, Sicherheit und Gesundheitsschutz der Beschäftigten bei der Arbeit durch Maßnahmen des Arbeitsschutzes zu sichern und zu verbessern. [...]

- § 5 Beurteilung der Arbeitsbedingungen

(1) Der Arbeitgeber hat durch eine Beurteilung der für die Beschäftigten mit ihrer Arbeit verbundenen Gefährdung zu ermitteln, welche Maßnahmen des Arbeitsschutzes erforderlich sind.

(2) Der Arbeitgeber hat die Beurteilung je nach Art der Tätigkeiten vorzunehmen. Bei gleichartigen Arbeitsbedingungen ist die Beurteilung eines Arbeitsplatzes oder einer Tätigkeit ausreichend.

(3) Eine Gefährdung kann sich insbesondere ergeben durch

1. die Gestaltung und die Einrichtung der Arbeitsstätte und des Arbeitsplatzes,
2. physikalische, chemische und biologische Einwirkungen,
3. die Gestaltung, die Auswahl und den Einsatz von Arbeitsmitteln, insbesondere von Arbeitsstoffen, Maschinen, Geräten und Anlagen sowie den Umgang damit,
4. die Gestaltung von Arbeits- und Fertigungsverfahren, Arbeitsabläufen und Arbeitszeit und deren Zusammenwirken,
5. unzureichende Qualifikation und Unterweisung der Beschäftigten,
6. psychische Belastungen bei der Arbeit.

- § 6 Dokumentation

(1) Der Arbeitgeber muss über die je nach Art der Tätigkeiten und der Zahl der Beschäftigten erforderlichen Unterlagen verfügen, aus denen das Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung, die von ihm festgelegten Maßnahmen des Arbeitsschutzes und das Ergebnis ihrer Überprüfung ersichtlich sind. Bei gleichartiger Gefährdungssituation ist es ausreichend, wenn die Unterlagen zusammengefasste Angaben enthalten.

(2) Unfälle in seinem Betrieb, bei denen ein Beschäftigter getötet oder so ver-

letzt wird, dass er stirbt oder für mehr als drei Tage völlig oder teilweise arbeits- oder dienstunfähig wird, hat der Arbeitgeber zu erfassen.

- § 9 Besondere Gefahren

(1) Der Arbeitgeber hat Maßnahmen zu treffen, damit nur Beschäftigte Zugang zu besonders gefährlichen Arbeitsbereichen haben, die zuvor geeignete Anweisungen erhalten haben.

(2) Der Arbeitgeber hat Vorkehrungen zu treffen, dass alle Beschäftigten, die einer unmittelbaren erheblichen Gefahr ausgesetzt sind oder sein können, möglichst frühzeitig über diese Gefahr und die getroffenen oder zu treffenden Schutzmaßnahmen unterrichtet sind. Bei unmittelbarer erheblicher Gefahr für die eigene Sicherheit oder die Sicherheit anderer Personen müssen die Beschäftigten die geeigneten Maßnahmen zur Gefahrenabwehr und Schadensbegrenzung selbst treffen können, wenn der zuständige Vorgesetzte nicht erreichbar ist; dabei sind die Kenntnisse der Beschäftigten und die vorhandenen technischen Mittel zu berücksichtigen. Den Beschäftigten dürfen aus ihrem Handeln keine Nachteile entstehen, es sei denn, sie haben vorsätzlich oder grob fahrlässig ungeeignete Maßnahmen getroffen [...].

## **H i n w e i s**

Die bisher veröffentlichten Forschungsberichte können auf den Homepages der

**Forschungsstelle für Brandschutztechnik  
am Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
<http://www.ffb.kit.edu>**

und des

**Instituts der Feuerwehr Sachsen-Anhalt in Heyrothsberge  
<https://ibk-heyrothsberge.sachsen-anhalt.de/forschung-idf/>**

eingesehen werden.

