



Veranstaltung: B-IV

Ausbildungseinheit: Löschlehre

Thema:

Ausgabe: 19.12.2017

Zuständig: Abteilung 3

Bearbeitet von: Catherina Volk  
Martin Reitz

Literaturhinweis: Feuerlöschmittel, Alfons Rempe  
Verbrennen und Löschen, Rotes Heft Nr. 1  
Chemie, Grundwissen für den Feuerwehrmann, Rotes Heft Nr. 59  
Unterlagen der Löschmittelhersteller



# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Löschverfahren .....</b>	<b>3</b>
2.1	Abkühlen .....	4
2.2	Ersticken .....	5
2.2.1	Verdünnen.....	5
2.2.2	Abmagern.....	6
2.2.3	Trennen.....	6
2.3	Hemmen der Reaktion .....	6
2.3.1	Homogene Inhibition .....	6
2.3.2	Heterogene Inhibition .....	6
<b>3</b>	<b>Löschmittel Wasser .....</b>	<b>7</b>
3.1	Löschwirkung .....	7
3.2	Anwendung .....	7
3.2.1	Vollstrahl .....	7
3.2.2	Sprühstrahl.....	8
3.2.3	Reichweite von Strahlrohren .....	8
3.3	Anwendungsgrenzen .....	10
3.4	Vorgehensweisen bei der Brandbekämpfung im Gebäudeinnern .....	12
3.4.1	Direkte Brandbekämpfung .....	12
3.4.2	Rauchkühlung .....	13
3.4.3	Raumkühlung.....	13
<b>4</b>	<b>Löschmittel Schaum.....</b>	<b>14</b>
4.1	Löschwirkung .....	15
4.1.1	Kühlende Wirkung.....	15
4.1.2	Erstickende Wirkung .....	16
4.1.3	Filmbildung.....	16
4.1.4	Übung zu den Löscheffekten.....	16
4.2	Anwendung .....	17
4.2.1	Schaumarten.....	17
4.2.2	Netzmittelanwendung.....	17
4.2.3	Ermittlung der benötigten Schaummittelmenge.....	17
4.2.4	Ermittlung der Anzahl der Schaumstrahlrohre (Aufbringrate).....	19
4.2.5	Anwendungshinweise .....	21
4.2.6	Direkte und indirekte Beschäumung .....	22
4.3	Anwendungsgrenzen .....	22

<b>5</b>	<b>Löschmittel Pulver .....</b>	<b>24</b>
5.1	Löschwirkung .....	24
5.1.1	Löschwirkung des ABC-Löschpulvers und BC-Löschpulvers.....	24
5.1.2	Löschwirkung des D-Löschpulvers.....	25
5.2	Anwendung .....	25
5.3	Anwendungsgrenzen .....	26
<b>6</b>	<b>Löschmittel Kohlenstoffdioxid.....</b>	<b>27</b>
6.1	Löschwirkung .....	27
6.2	Anwendung .....	27
6.3	Anwendungsgrenzen .....	28
<b>7</b>	<b>Fettbrandlöschmittel .....</b>	<b>29</b>
7.1	Löschwirkung .....	29
7.2	Anwendung .....	29
7.3	Anwendungsgrenzen .....	30
<b>8</b>	<b>Sonstige Löschmittel.....</b>	<b>30</b>
8.1	Inertgase .....	30
8.2	Halone.....	31
8.3	Chemische Löschgase .....	32
8.4	Mizellen-Einkapselungs-Löschmittel .....	34
8.5	Löschgranulat.....	34
<b>9</b>	<b>Quellenverzeichnis .....</b>	<b>35</b>

# 1 Einleitung

Die Brandbekämpfung ist nach wie vor eine zentrale Aufgabe der Feuerwehr. Auch wenn sich in letzter Zeit immer neue Tätigkeitsfelder für die Feuerwehr ergeben haben, kann man das Löschen von Bränden als Kernkompetenz der Feuerwehr bezeichnen.

Wenn man von der Definition ausgeht, dass die Kernkompetenz *die Fähigkeit beschreibt, die ein Unternehmen in die Lage versetzt, wesentlichen Kundennutzen zu liefern*, formuliert sich daraus der Auftrag an die fortschrittliche Feuerwehr von selbst.

Um Löschmittel möglichst effektiv einzusetzen, sind nicht nur eine möglichst schadenarme Einsatztaktik, sondern auch das Wissen über den Löschvorgang, die Eigenschaften der Löschmittel und deren richtiger Einsatz notwendig.

# 2 Löschverfahren

Um einen Brand zu löschen, kommen die folgenden Löschverfahren zur Anwendung:

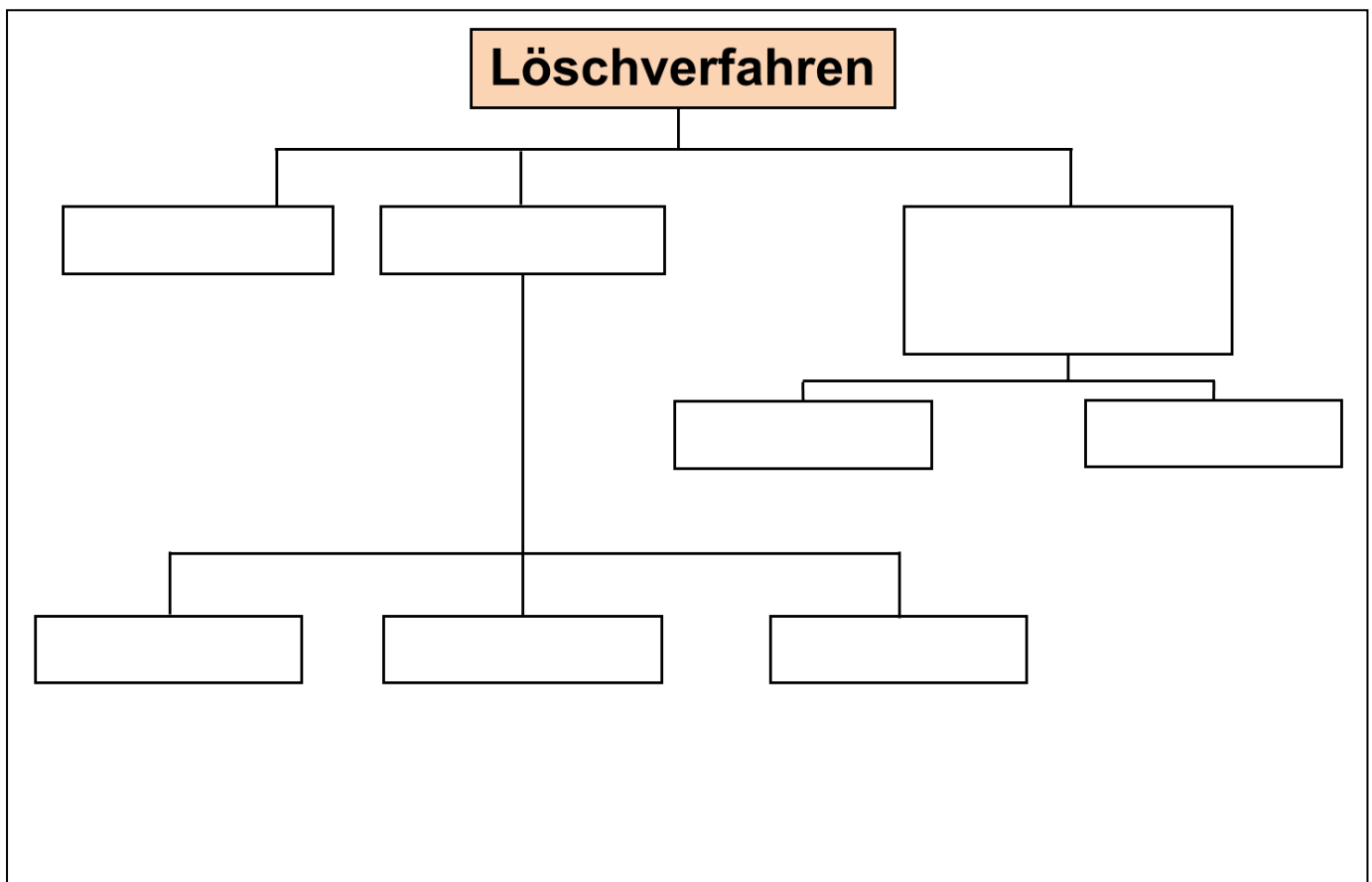


Abb. 1: Löschverfahren

Quelle: eigene Darstellung

## 2.1 Abkühlen

Abkühlen ist ein Löschverfahren, bei dem den brennenden Stoffen durch das Löschmittel die zur Aufrechterhaltung der Verbrennung erforderliche Wärme entzogen wird.

Das Entziehen von Energie kann auf zweierlei Arten erfolgen:

- Erwärmen des Löschmittels
- Verdampfen des Löschmittels

Die **kritische Grenztemperatur**, auf die hierbei abgekühlt werden muss, ist nicht die Zündtemperatur, sondern die **Mindestverbrennungstemperatur**. Es ist allerdings darauf zu achten, dass nicht nur die Verbrennungszone entsprechend abgekühlt wird, sondern auch alle stark erwärmten Oberflächen in der Umgebung. Um Rückzündungen zu vermeiden, müssen diese sogar unter die Zündtemperatur der vorhandenen brennbaren Stoffe herunter gekühlt werden.

Da in der Praxis das Löschmittel Wasser mit Abstand die größte abkühlende Löschwirkung zeigt, wird hier nur Bezug auf dieses Löschmittel genommen.

Beim **Erwärmen** eines Stoffes, hier also des Löschmittels, ist seine „spezifische Wärmekapazität“ entscheidend. Diese beträgt beim Wasser rund

$$4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \left[ \frac{\text{Kilojoule}}{\text{Kilogramm} \cdot \text{Kelvin}} \right]$$

Das heißt, wenn man ein Kilogramm Wasser um ein Kelvin erwärmen möchte, so muss man eine Energie von 4,2 Kilojoule aufwenden. Die Temperaturdifferenz von einem Kelvin entspricht einem Grad Celsius.

Beim **Verdampfen** eines Stoffes ist seine „spezifische Verdampfungswärme“ entscheidend. Diese beträgt bei Wasser rund

$$2.257 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \left[ \frac{\text{Kilojoule}}{\text{Kilogramm}} \right]$$

Das heißt, wenn man ein Kilogramm Wasser verdampfen möchte, also von 100 °C flüssig nach 100 °C dampfförmig umwandeln, muss man eine Energie von 2.257 Kilojoule aufwenden.

**Fazit:** Die beste Löschwirkung wird erzielt, wenn das Löschmittel durch die Aufnahme von Energie aus der Verbrennung sich nicht nur erwärmt, sondern auch seinen Aggregatzustand wechselt.

### Aufgabe: Kühlleistung eines DM-Strahlrohres

**Berechnen Sie die theoretische Kühlleistung eines DM-Strahlrohres ohne Mundstück. Rechnen Sie mit  $Q = 50 \text{ l/min}$ . Das Wasser hat beim Verlassen des Strahlrohres eine Temperatur von  $\vartheta = 8 \text{ °C}$ .**

In der Brandbekämpfungspraxis muss mit der etwa dreifachen Wassermenge im Verhältnis zur theoretisch bestimmten Wassermenge gerechnet werden, da unter realen Bedingungen ein Großteil des Wassers den Brandherd nicht erreicht und somit auch nicht zur Kühlung beitragen kann. Tab. 1 gibt einen Überblick über den Zusammenhang zwischen Wassermenge und tatsächlich erreichter Kühlleistung bei der Brandbekämpfung.

Tab. 1: Kühlleistung von Wasser bei verschiedenen Volumenströmen

Wassermenge	Kühlleistung
50 Liter / Minute	700 kW
100 Liter / Minute	1.400 kW
200 Liter / Minute	2.800 kW
300 Liter / Minute	4.200 kW
550 Liter / Minute	7.700 kW

## 2.2 Ersticken

Als Ersticken bezeichnet man ein Löschverfahren, bei dem das Brennen durch Verändern des Mengenverhältnisses zwischen brennbarem Stoff und Sauerstoff unterbunden wird. Durch Einwirken auf die Parameter Sauerstoff und brennbarer Stoff werden die Reaktionsbedingungen derart beeinflusst, dass ein Weiterbrennen nicht möglich ist.

Das Verändern des Mengenverhältnisses wird mit dem Löschverfahren Ersticken durch drei verschiedene Möglichkeiten erreicht:

- Ersticken durch **Verdünnen**  
(Einflussfaktor Sauerstoff)
- Ersticken durch **Abmagern**  
(Einflussfaktor brennbarer Stoff)
- Ersticken durch **Trennen**  
(Einflussfaktoren Sauerstoff und brennbarer Stoff)

### 2.2.1 Verdünnen

Beim Löschverfahren Verdünnen wird die Luftsauerstoffkonzentration von 21 Vol.-% auf die löschwirksame Konzentration von ca. 15 Vol.-%, d. h. unter die zur Aufrechterhaltung der Verbrennung benötigte Mindestsauerstoffkonzentration, gesenkt.

Da zusätzlich ein Sicherheitsüberschuss an Löschgasen in der Atmosphäre vorhanden sein muss, werden große Mengen an geeigneten Löschmitteln benötigt. Die Löschmittelskonzentrationen betragen üblicherweise ca. 30 Vol.-%.

Bei der Auslegung von stationären Kohlendioxid-Löschanlagen geht man z. B. von einem Bedarf von einem Kilogramm Kohlendioxid für einen Kubikmeter Raumvolumen aus, was einer Kohlendioxidkonzentration von ca. 50 Vol.-% entspricht.

## 2.2.2 Abmagern

Die Möglichkeit des Löschens durch Abmagern brennbarer Stoffe ist in der praktischen Anwendung für die Feuerwehr auf das Löschmittel Wasser beschränkt. Die Löschwirkung beruht auf der Abkühlung brennender Flüssigkeiten durch den Einsatz von Sprühstrahl unter ihren Flammpunkt. Auch wenn hier der Begriff „Abkühlung“ verwendet wird, besteht eine klare Abgrenzung zum Löschverfahren „Abkühlen“: Beim Abmagern wird in erster Linie das Mengenverhältnis zwischen brennbarem Stoff und Sauerstoff dadurch verändert, dass weniger Brennstoff (brennbare Dämpfe) in die Reaktionszone gelangen. Die Reaktionszone selbst wird nicht gekühlt.

Ein weiterer Effekt beim Abmagern ist, dass beim Mischen wassermischbarer brennbarer Flüssigkeiten mit Wasser deren Flammpunkt steigt. Auch hierdurch wird das Mengenverhältnis der Reaktionspartner beeinflusst und der Anteil an brennbaren Flüssigkeitsdämpfen gesenkt.

## 2.2.3 Trennen

Das Löschverfahren Trennen beruht auf einer kompletten Trennung der beiden Reaktionspartner Sauerstoff und brennbarer Stoff. Um dieses zu erreichen, wird das Löschmittel mechanisch zwischen die beiden Reaktionspartner eingebracht.

Im weitesten Sinne kann man auch das Abschiebern einer Leitung, aus der brennendes Gas oder eine brennende Flüssigkeit austritt, als Trennen bezeichnen.

## 2.3 Hemmen der Reaktion

Die genormte Bezeichnung für dieses Löschverfahren lautet „inhibierende Löschwirkung“. Dabei leitet sich inhibierend vom lateinischen Wort inhibere (= anhalten, hemmen) ab. Eine weitere in der Fachliteratur gängige Bezeichnung ist „antikatalytische Löschwirkung“.

Man unterscheidet die homogene Inhibition, bei welcher das Löschmittel den gleichen Aggregatzustand (gasförmig) hat wie die Reaktionspartner und die heterogene Inhibition bei der das Löschmittel ein Feststoff ist.

### 2.3.1 Homogene Inhibition

Die Verbrennungsreaktionen in der Gasphase (Flamme) verlaufen als Kettenreaktionen mit vielen einzelnen Zwischenreaktionen. Dabei sind stets sehr energiereiche Radikale und Molekülbruchstücke beteiligt.

Bei der homogenen Inhibition wird das Löschmittel thermisch zersetzt und bildet auch Radikale, die in die Flammenreaktionen eingreifen. Die Löschmittelradikale reagieren mit den anderen Teilchen, binden diese also chemisch und entfernen sie so aus den Kettenreaktionen. Es kommt zum Kettenabbruch und damit zum schlagartigen Erlöschen der Flammen.

### 2.3.2 Heterogene Inhibition

Die heterogene Inhibition beruht auf der Tatsache, dass die zum Aufrechterhalten der Flammenreaktionen notwendigen sehr energiereichen Reaktionspartner durch den Aufprall auf eine Wand ihre Energie verlieren und nicht mehr miteinander reagieren können.



In der Praxis wird diese Wand durch die Oberfläche eines Löschpulverteilchens dargestellt. Auch im tatsächlichen Größenvergleich ist ein Löschpulverteilchen um ein Vielfaches größer als die Reaktionspartner. Da man zur Erklärung des Löscheffektes diese bildliche Darstellung zu Hilfe nimmt, spricht man hierbei auch vom „Wandeffekt“. Bei der Anwendung dieses Löschverfahrens ist es wichtig, dass das Löschmittel im gesamten Bereich der Flammenreaktion zur Wirkung kommt.

Bei der heterogenen Inhibition werden die energiereichen Reaktionspartner der Kettenreaktionen in der Flamme also durch Energieentzug inaktiviert, ganz im Gegenteil zur homogenen Inhibition (Inaktivierung durch chemische Bindung).

## 3 Löschmittel Wasser

Tab. 2: Ausgewählte Eigenschaften des Löschmittels Wasser

Eigenschaften des Löschmittels Wasser	
Chemische Formel	H <sub>2</sub> O
Erscheinungsbild	farb-, geruch- und geschmacklose Flüssigkeit
Dichte	1 kg/l (größte Dichte bei 4 °C, → „Anomalie des Wassers“)
Gefrierpunkt	0 °C (bei 1013 hPa)
Siedepunkt	100 °C (bei 1013 hPa)
Elektrische Leitfähigkeit	Löschwasser: elektrisch leitend; chemisch reines Wasser: nicht elektrisch leitend
Mischbarkeit	nur mit polaren Stoffen (z. B. Alkohol) mischbar, mit unpolaren Stoffen (z. B. Benzin, Öl) nicht
Oberflächenspannung	sehr groß (nur die Oberflächenspannung von Quecksilber ist größer)

### 3.1 Löschwirkung

Wasser hat durch sein hohes Wärmebindungsvermögen bei Temperaturerhöhung und besonders bei Verdampfung eine sehr stark abkühlende Löschwirkung. Die Effektivität des Abkühlens hängt insbesondere vom Zerteilungsgrad der Wassertropfen ab.

### 3.2 Anwendung

Das Löschmittel Wasser wird standardmäßig bei Bränden der Brandklasse A eingesetzt. Hierbei unterscheidet man im Wesentlichen die Anwendungsarten Vollstrahl und Sprühstrahl.

#### 3.2.1 Vollstrahl

Unter Vollstrahl versteht man die gebündelte (punktuelle) Wasserabgabe auf den Brandherd. Er wird eingesetzt, damit das Löschmittel Wasser die Glut überhaupt erreicht, durch die Auftreffwucht die Glut zerteilt und Wasser tief in das Brandgut eindringen kann.

Zur Vermeidung unnötiger Wasserschäden ist unbedingt darauf zu achten, das Wasser gezielt und dosiert abzugeben.

Vorteile der Wasserabgabe mittels Vollstrahl:

- große Wurfweite (siehe 3.2.3)
- große mechanische Wirkung (Auftreffwucht, Eindringtiefe)

Nachteile der Wasserabgabe mittels Vollstrahl:

- kaum abkühlenden Wirkung des Löschmittels Wasser, da verhältnismäßig wenig Wasser verdampft
- Gefahr von Wasserschäden
- Gefahr der Staubexplosion bei feinst verteilten festen glutbildenden Stoffen
- große Sicherheitsabstände im Bereich elektrischer Anlagen

### 3.2.2 Sprühstrahl

Die Wasserabgabe erfolgt beim Sprühstrahleinsatz in einer flächendeckenden, fein verteilten Form. Dadurch wird die abkühlende Wirkung besonders gut ausgenutzt, denn durch die feine Verteilung (kleine Tröpfchen) ist die Gesamtoberfläche bei gleicher Wassermenge, und damit die Voraussetzung für das Verdampfen des Wassers, wesentlich größer als beim Vollstrahl.

Demzufolge wird auch die Gefahr von Wasserschäden reduziert.

Vorteile der Wasserabgabe mittels Sprühstrahl:

- hohe abkühlende Wirkung des Löschmittels Wasser, da verhältnismäßig viel Wasser verdampft
- aufgrund der sauerstoffverdrängenden Wirkung auch begrenzt bei Flammenbränden einsetzbar
- kleinere Sicherheitsabstände bei elektrischen Anlagen
- geringere Gefahr einer Staubexplosion bei vorsichtiger Anwendung des Sprühstrahls im Bereich feinstverteilter fester glutbildender Stoffe
- Niederschlagen von Rauch, Dämpfen, schwebendem Staub etc. begrenzt möglich
- reduzierte Gefahr von Wasserschäden

Wasser kann mittels Sprühstrahl am effektivsten mit Hohlstrahlrohren abgegeben werden, weshalb im Innenangriff die Verwendung von Hohlstrahlrohren empfohlen wird.

Nachteile der Wasserabgabe mittels Sprühstrahl:

- geringere Wurfweite (siehe 3.2.3)
- geringere Auftreffwucht
- Gefahr von Verbrühungen durch Wasserdampfbildung in geschlossenen Räumen

### 3.2.3 Reichweite von Strahlrohren

Die Reichweite bzw. Wurfweite kann ein Entscheidungskriterium für den Einheitsführer darstellen, welches Löschmittel bzw. welches Löschgerät das geeignetste ist. Weiterhin kann auch abgeschätzt werden, ob der Brand mit den vorhandenen Kräften beherrscht werden kann oder ob gleich weitere Einheiten nachalarmiert werden müssen.

Abb. 2 zeigt die Mindestanforderungen an die effektive Reichweite des Vollstrahls nach Norm.

Für den Sprühstrahl liegen die Werte bei ca. 35 bis 40 % der Vollstrahlwerte. Allerdings sind diese Angaben stark von dem eingestellten Sprühstrahlwinkel abhängig.

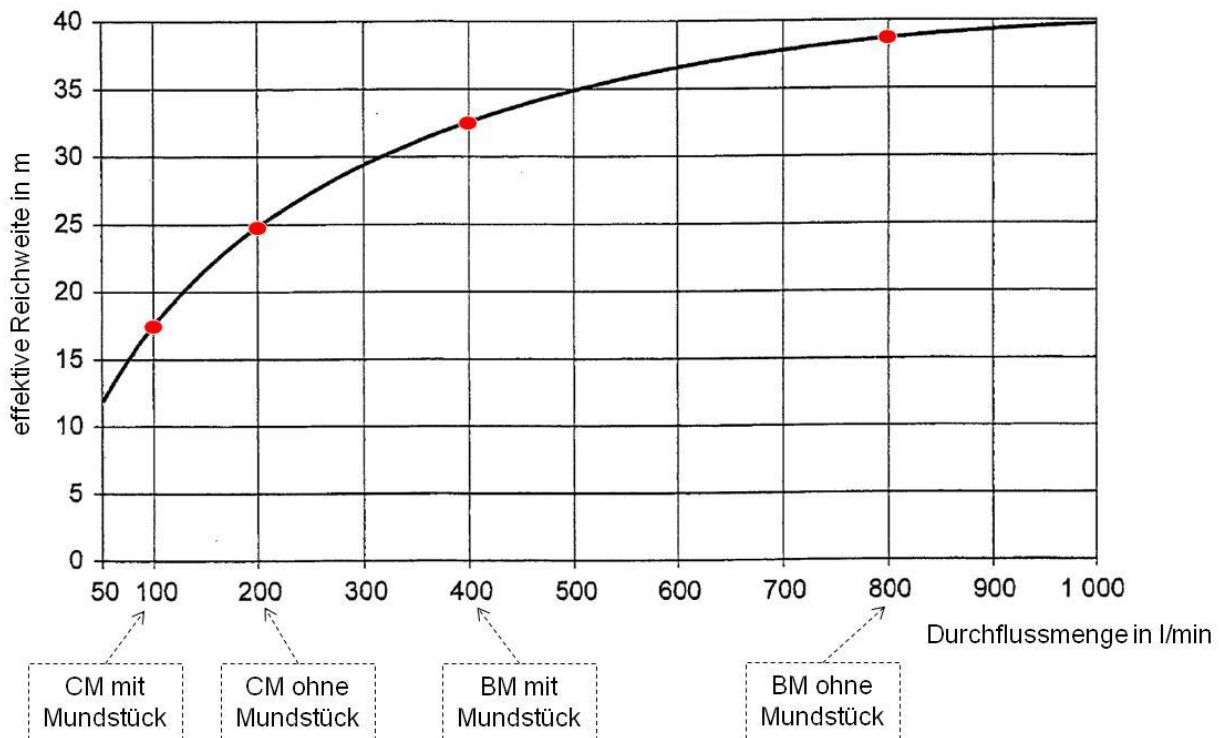


Abb. 2: Effektive Reichweite von Hohlstrahlrohren und Mehrzweckstrahlrohren (bezogen auf Vollstrahl und einen Fließdruck von 6 bar)

Quelle: DIN EN 15182-2, S. 8, 2007

Als Faustformel für die Einsatzmöglichkeit einer Gruppe kann folgendes angenommen werden:

Eine Gruppe kann bei der Brandbekämpfung mit zwei C-Strahlrohren und einem B-Strahlrohr eine Gebäudelänge von 40 m (vgl. Länge eines Brandabschnittes) abdecken.

Zur Abschätzung des Wasserverbrauchs zum vorsorglichen Kühlen von Objekten, die sich in unmittelbarer Nachbarschaft von Brandobjekten befinden, gibt es in der Fachliteratur unterschiedliche Angaben.

Zum Schutz von **Dachflächen** existiert der Wert von  $1 \text{ l/min} \cdot \text{m}^2$ , zum Schutz von **Fassaden** werden  $30 \text{ l/min} \cdot \text{m}$  (m = laufender Meter Fassade oder Umfang) angegeben. Letzterer Wert berücksichtigt die Unterschiedlichen Strahlungswärmeintensitäten (je nach Winkel zur Flamme), die Deckungsbreiten der Strahlrohre und das Fließen des Kühlwassers von oben nach unten an den Wänden.

## 3.3 Anwendungsgrenzen

Das Löschmittel Wasser ist in bestimmten Einsatzsituationen nicht oder nur bedingt einsetzbar. Dabei können u. a. folgende Gefahren auftreten:

### Explosion

- *bei Bränden flüssig werdender Stoffe und Fettbränden (Fettexplosion):* schlagartiges Verdampfen des Wassers, wenn dieses in hocherhitzte Fette, Öle oder Wachse gegossen bzw. gespritzt wird
- *beim Aufwirbeln feinst verteilter Glut bildender Stoffe (Staubexplosion)*
- *bei Metallbränden (Knallgasbildung):* thermische Dissoziation (Aufspaltung) des Wassers in seine Elemente. Der Sauerstoff reagiert mit dem Metall, während der Wasserstoff mit dem Luftsauerstoff verbrennt. So kann es in manchen Fällen zur Knallgasbildung kommen.

Tab. 3: Dissoziation von Wasser in Abhängigkeit von der Temperatur

Temperatur in °C	700	1.500	2.000	2.500	3.000	3.500
Dissoziationsgrad	0,00003 %	0,2 %	2 %	9 %	20 %	60 %

### Ausbreitung

- *bei polaren Flüssigkeiten:* Sie lassen sich prinzipiell mit Wasser löschen (Heraufsetzung des Flammpunktes). Sie können allerdings beim Löschen überlaufen und zur Brandausbreitung führen.
- *bei unpolaren Flüssigkeiten, die leichter sind als Wasser:* Das aufgebrachte Wasser sinkt ab, die brennbare Flüssigkeit schwimmt auf und kann sich brennend ausbreiten.

### Einsturz

- *bei saugfähigen Lagergütern (z. B. Faserstoffe, Baumwolle, Sand, Zement) und Bauteilen (z. B. Lehmdecken) als Folge der Massenzunahme durch das aufgenommene Wasser*
- *bei quellfähigen Lagergütern (z. B. Hülsenfrüchte, Holzfaserplatten), die dann gegen Bauteile (z. B. Silowandung) drücken*
- *bei Schornsteinbränden:*  
Ursache 1: Infolge der Wasserdampfbildung (1 l Wasser ergibt bei 100 °C etwa 1.700 l Wasserdampf) steigt der Druck schlagartig an und sprengt den Schornstein.  
Ursache 2: Die plötzliche Abkühlung der heißen Bauteile führt zu Temperaturspannungen, wodurch der Schornstein aufreißen kann.

### Heftige Reaktion bei Kontakt mit Chemikalien

- *unter Freisetzung von Wärme* (z. B. mit gebranntem Kalk (Calciumoxid) oder mit Säuren)
- *unter Freisetzung von brennbaren Gasen:* z. B. Wasserstoff bei der Reaktion mit Alkalimetallen, Acetylen bei der Reaktion mit Calciumcarbid

## Elektrizität

Aufgrund der elektrischen Leitfähigkeit von Wasser sind im Bereich elektrischer Anlagen die in Tab. 4 aufgeführten Sicherheitsabstände einzuhalten.

Tab. 4: Sicherheitsabstände beim Einsatz von Wasser bei unter Spannung stehenden Anlagen (bezogen auf Leitungswasser und einen Fließdruck von 5 bar)

Gerät Anwendungsform	Mindestabstände zwischen Löschaustrittsöffnung und unter Spannung stehenden Anlagenteilen in m				
	bis 1 kV	bis 30 kV	bis 110 kV	bis 220 kV	bis 380 kV
CM-Strahlrohr Sprühstrahl	1	3	3	4	5
CM-Strahlrohr Vollstrahl	5	5	6	7	8
Hohlstrahlrohr C (≤ 235 l/min) Sprühstrahl <sup>1</sup>	1	Gefährdungsbeurteilung durch den Unternehmer bzw. Herstellerangaben			
Hohlstrahlrohr C (≤ 235 l/min) Vollstrahl <sup>2</sup>	5	Gefährdungsbeurteilung durch den Unternehmer bzw. Herstellerangaben			
BM-Strahlrohr mit Mundstück	Sicherheitsabstände wie CM-Strahlrohr zuzüglich 5 m				
BM-Strahlrohr ohne Mundstück	Sicherheitsabstände wie CM-Strahlrohr zuzüglich 10 m				

Wird bei CM-Strahlrohren der Fließdruck von 5 bar überschritten, so sind die Mindestabstände aus Tab. 4 um 2 m zu vergrößern.

## Sonstige Gefahren

- *bei Temperaturen um den Gefrierpunkt:*  
Einfrierendes Wasser kann zur Zerstörung von Löschgeräten, Pumpen und Armaturen führen und erhöht die Unfallgefahr an Einsatzstellen im Winter.
- *Verbrühungsgefahr:*  
Beim massiven Einsatz von Wasser in geschlossenen Gebäuden besteht diese Gefahr durch die hohen Temperaturen des entstehenden Wasserdampfes.

## Aufgabe: Rauchkühlung

**Zur Rauchkühlung werden drei Sprühimpulsstöße mit einer Wasserabgabe von jeweils 0,5 Litern in eine ca. 600 °C warme Rauchsicht gegeben.**

**Wie viel Liter Wasserdampf entstehen bei kompletter Verdampfung des Wassers? (Vernachlässigen Sie Druckänderungen.)**

<sup>1</sup> Quelle: Entwurf DIN VDE 0132 vom April 2017

<sup>2</sup> Quelle: Entwurf DIN VDE 0132 vom April 2017

## 3.4 Vorgehensweisen bei der Brandbekämpfung im Gebäudeinnern

In diesem Kapitel werden die Vorbedingungen und Gefahren der unterschiedlichen Vorgehensweisen bei der Brandbekämpfung mit Wasser im Gebäudeinnern beschrieben. Insbesondere die technische Umsetzung in der Praxis ist der „Lehrunterlage Atemschutz-einsatz“ (siehe Downloadbereich Homepage HLFS) zu entnehmen.

Nach DIN 14011:2010-06 werden drei verschiedene Vorgehensweisen definiert:

### Direkte Brandbekämpfung:

Unmittelbares Vorgehen zum Löschen eines Brandes im Gebäudeinnern unter Anwendung einer dynamischen Strahlrohrführung, bei der der Löschmitteleinsatz gezielt erfolgt

### Rauchkühlung:

Kühlung des Brandrauchs zur Eigensicherung vorgehender Einsatzkräfte durch Abgabe eines Sprühstrahls aus Hohlstrahlrohren unter Anwendung einer dynamischen Strahlrohrführung

### Raumkühlung:

Kühlung der Brandraumoberfläche durch Abgabe größerer Wassermengen in den Brandraum, z. B. zur Vorbereitung des Eindringens vorgehender Einsatzkräfte.

Anmerkung: Infolge der schnellen Bildung großer Wasserdampfmengen und der Kühlung der Oberflächen wird die Freisetzung weiterer Pyrolyseprodukte reduziert (indirekte Brandbekämpfung)

### 3.4.1 Direkte Brandbekämpfung

#### Vorbedingung:

Es besteht keine direkte Gefahr einer schnellen Brandausbreitung.

#### Probleme und Gefahren:

Kernproblem der **direkten Brandbekämpfung** ist die kontrollierte Wasserabgabe. Zuviel Wasser führt zu großen Mengen an Wasserdampf und zu Wasserschäden. Zu wenig Wasser bleibt dagegen wirkungslos.

Wird die **direkte Brandbekämpfung** mit einem zu breiten und zu feinen Sprühstrahl eingeleitet, besteht bei einem ausgedehnten Brandherd die Gefahr, dass das auf den Brandherd aufgebrachte Löschwasser schlagartig verdampft. Es bilden sich große Wasserdampfmengen (Verbrühungsgefahr, Sichtbehinderung), die das thermische System stören (Vermischung oberer und unterer Gasschichten). Dies kann im Extremfall dazu führen, dass die Temperatur, die vorher unter der Decke vorherrschte, jetzt auch in Bodennähe vorhanden ist.

Wichtig sind die dynamische und immer nur kurzzeitige Abgabe von Löschwasser (ca. 1 Sekunde) und die Beobachtung der Löschwirkung nach jeder Löschmittelabgabe. Bei Bedarf können weitere und längere Löschwasserabgaben folgen.

Bei Zimmer- und Wohnungsbränden führt eine kontinuierliche Wasserabgabe zu unnötigen Wasserschäden.



Die **direkte Brandbekämpfung** in einem Raum mit **Rauchexplosions- oder Raudurchzündungsgefahr**, stellt ein nicht kalkulierbares Risiko dar, wenn der Angriffsweg beim Vorgehen nicht durch eine **Rauchkühlung** gesichert wird. Da sich die Brandgase jederzeit entzünden können, kann der vorgehende Trupp in der Flammenfront eingeschlossen werden (Verbrennungsgefahr).

### 3.4.2 Rauchkühlung

#### Vorbedingungen:

Im Brandraum bestehen reelle Chancen, eine Person zu finden oder den Brand auf ein erträgliches Ausmaß zu begrenzen bzw. zu löschen.

Die Einsatzkräfte sind entsprechend ausgebildet und setzen ein Hohlstrahlrohr mit einem Wasserdurchfluss von ca. 200 l/min ein.

#### Probleme und Gefahren:

Die Vermittlung der Technik der richtigen **Rauchkühlung** erfordert einen hohen Trainingsumfang (4 Stufen Methode mit LZS 3/4: „*Gelerntes auf ähnliche Situationen übertragen und anwenden können, Gelerntes beurteilen können, Maßnahmen ableiten können*“) und Materialaufwand (Flashover-Container, Festbrennstoffe, Hohlstrahlrohre, Ersatz von ggf. beschädigter Schutzkleidung und Atemschutzgeräten).

Damit das thermische Gleichgewicht (warme Rauchsichten oben, kältere unten) und damit die Sicht erhalten bleibt, sollte nur so viel Wasser abgegeben werden, dass sich die Volumenvergrößerung der Rauchsicht durch die Wasserdampfentwicklung mit der Volumenreduzierung durch die Zusammenziehung der abgekühlten Gase ausgleicht.

Die **Rauchkühlung** ersetzt nicht die **direkte Brandbekämpfung**. Die erfolgreiche **Rauchkühlung** sichert den Angriffsweg (Verhinderung von **Raumdurchzündungen**), um anschließend den Brandherd zu lokalisieren, abzuriegeln und direkt zu bekämpfen.

Eine **Rauchexplosion** lässt sich durch eine **Rauchkühlung** nicht sicher verhindern, da die Zündfähigkeit der brennbaren Gase sich nicht durch deren Abkühlung beeinflussen lässt.

Fehler bei der **Rauchkühlung**, wie die Abgabe einer zu großen Wassermenge oder das Übersehen von Anzeichen einer drohenden **Rauchexplosion**, können die Einsatzkräfte erheblich gefährden.

Eine effektive **Rauchkühlung** mit CM-Strahlrohren ist nicht möglich, da der Sprühstrahl den Rauch durchdringt und beim Auftreffen auf warme Oberflächen unkontrolliert verdampft oder von diesen abläuft.

### 3.4.3 Raumkühlung

#### Vorbedingungen:

Im Brandraum ist der maximale Schaden schon erreicht (z. B. Vollbrand eines Raumes).

Eine Menschenrettung ist auszuschließen bzw. nicht oder nur unter erheblicher Eigengefährdung möglich.

Die Einsatzkräfte besitzen die entsprechende Ausbildung und Erfahrung.

#### Probleme und Gefahren:

Um eine erfolgreiche **Raumkühlung** durchzuführen, muss der entstandene Wasserdampf im Raum bleiben, d. h. der Raum darf nicht belüftet werden.

Für die vorgehenden Trupps besteht Verbrühungsgefahr durch die großen Wasserdampfmengen, die gebildet werden.

Folge der **Raumkühlung** kann eine Erhöhung der Brandausbreitungsgeschwindigkeit sein, die dadurch hervorgerufen wird, dass die Wasserdampf Wolke die warme Rauchschicht unkontrolliert verdrängt. Dies kann insbesondere bei einer drohenden **Rauchexplosion** ein Herausschlagen der Flammenfront in Richtung des vorgehenden Trupps bewirken.

Durch die Injektorwirkung des Löschwasserstrahls können bei einer **Raumkühlung** große Mengen Luft in den Brandraum befördert werden. Ein Hohlstrahlrohr, das mit einem Druck von 6,8 bar und einem Sprühwinkel von 30° betrieben wird, reißt pro 1 Liter Wasserdurchfluss ca. 225 Liter Luft mit in den Brandraum. Dieses hat bei einer drohenden **Rauchexplosion** eine Flammenbildung in Richtung des Strahlrohrführers zur Folge.

Für die Durchführung der **Raumkühlung** kann auch ein CM-Strahlrohr oder ein Fognail verwendet werden.

Damit das Löschwasser die Raumbegrenzung erreicht, sollte bei hohen Raumtemperaturen eine Löschwasserabgabe für ca. 4 bis 5 Sekunden durchgeführt werden.

Aufgrund der Nachteile und Gefahren der **Raumkühlung** ist diese nur in Einzelfällen (z. B. Kellerbrände, Schiffsbrände) und durch speziell ausgebildete und erfahrene Einsatzkräfte durchzuführen.

## 4 Löschmittel Schaum

Schaum besteht aus Luftblasen, die in einem Flüssigkeitsfilm eingeschlossen sind. Die Flüssigkeit ist ein Wasser-Schaummittel-Gemisch, welches durch Zumischung des Schaummittels zum Wasser über Dosiereinrichtungen (Zumischer oder fahrzeuggebundene, automatische Zumischanlagen) hergestellt wird.

Schaummittel lassen sich grob in zwei Klassen einteilen: Schaummittel auf **synthetischer** und auf **natürlicher** Basis.

Mit synthetischen Mehrbereichsschaummitteln, die den Tensiden von Waschmitteln entsprechen, lassen sich Schwer-, Mittel- und Leichtschaum erzeugen. Diese sind einsetzbar in den Brandklassen A und B, wobei sie in der Brandklasse A mit einer Zumischung (Zumischrate) von ca. 0,1-1 % und in der Brandklasse B mit einer Zumischrate von ca. 1-6 % eingesetzt werden. Ebenso auf synthetischer Basis hergestellt sind AFFF (A3F) Schaummittel, die als Schwerschaum oder Mittelschaum bei Zumischraten von ca. 1-6 % verwendet werden. Die Zumischraten werden von den Herstellern der Schaummittel vorgegeben. Auf natürlicher Basis, nämlich aus wasserlöslichen Eiweißprodukten hergestellt, sind die sogenannten Proteinschaummittel, die ausschließlich als Schwerschaum bei Zumischraten von 3-6 % in der Brandklasse B eingesetzt werden.



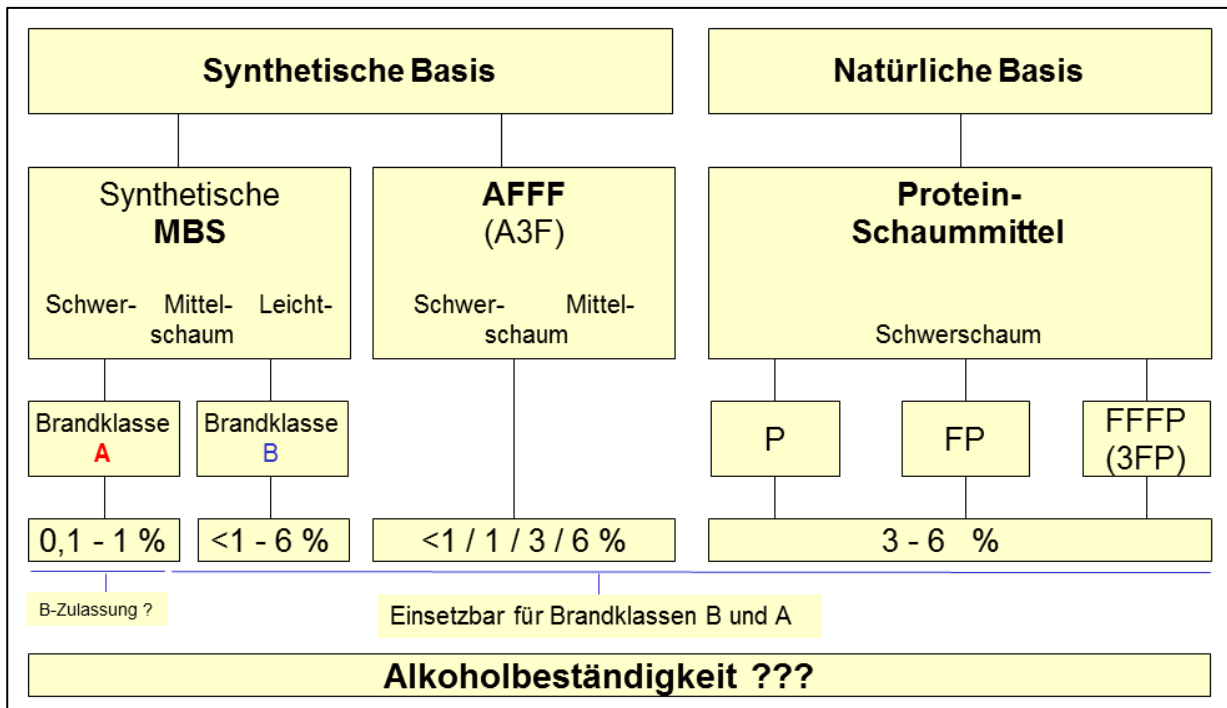


Abb. 3: Einteilung der gebräuchlichsten Schaummittel

Quelle: eigene Darstellung

Ferner gibt es Schaummittel für Spezialanwendungen:

- Polymerfilmbildende Schaummittel für polare Flüssigkeiten z. B. Alkohol
  - AR      alcohol resistant
  - ARC     alcohol resistant concentrate
  - ATC     alcohol type concentrate
  - APS     alkoholbeständiger Polymerfilmbildner, seewasserbeständig

- Schaummittel für Brände in elektrischen Anlagen (mit destilliertem Wasser)
- Schaummittel mit erhöhtem Frostschutz (z. B. Laderampen, gekühlte Läger)
- Schaummittel mit hoher Wasserhaltezeit (z. B. zur Landebahnbeschäumung)

Die letztendliche Verschäumung des Wasser-Schaummittel-Gemisches durch die Zufuhr von Luft erfolgt durch die Strahlrohre (z. B. Schaumstrahlrohre), über Gebläse (z. B. Leichtschaumgeneratoren) oder durch Druckluftzufuhr (Druckluftschaum, wie z. B. CAFS = Compressed Air Foam System, Verdichtetes-Luft-Schaum-System).

## 4.1 Löschwirkung

Schaum besitzt grundsätzlich zwei Löschwirkungen: Ersticken und Abkühlen.

### 4.1.1 Kühlende Wirkung

Die kühlende Löschwirkung spielt bei Schäumen mit niedrigen Verschäumungszahlen und Bränden fester Stoffe eine entscheidende Rolle. Das im Schaum enthaltene Wasser tritt aus und entzieht dem Brandgut durch Verdampfen Wärme.

Bei Flüssigkeitsbränden verringert sich durch die kühlende Wirkung des Schaums der Dampfdruck, wodurch Gasdurchbrüche und damit Rückzündungen vermieden werden.

## 4.1.2 Erstickende Wirkung

Unter der erstickenden Löschwirkung werden mehrere Löscheffekte zusammengefasst:

### Trenneffekt / Deckeffekt

Der brennbare Stoff wird durch eine geschlossene Schaumdecke von der Umgebungsluft getrennt. Sie verhindert das weitere Ausgasen brennender Stoffe, d. h. es gelangen keine brennbaren Gase mehr aus dem Brandgut in die Verbrennungszone.

Vorbeugendes Einschäumen bei ausgelaufenen und leicht ausgasenden Flüssigkeiten kann umweltbelastende Emissionen vermeiden. Gleichzeitig wird die Gefahr eines Brandausbruchs deutlich verringert.

### Verdrängungseffekt

Durch Fluten von Räumen, Kanälen, Anlageteilen usw. mit Leicht- oder Mittelschaum werden der für die Verbrennung notwendige Luftsauerstoff und die brennbaren Dämpfe / Gase verdrängt.

### Dämmeffekt

Durch die geringe Wärmeleitfähigkeit des Schaums wird noch nicht entzündetes oder bereits abgelöschtes Brandgut gegenüber Wärmestrahlung und Zündquellen isoliert.

## 4.1.3 Filmbildung

Insbesondere der Trenn- und der Deckeffekt können durch den Einsatz von filmbildenden Schaummitteln verbessert werden.

### a) Wasserfilm (AFFF)

Aus dem Schaum heraus bildet sich ein sehr dünner, wässriger Tensidfilm (häufig als Wasserfilm bezeichnet) auf nichtpolaren Flüssigkeiten, der dem Schaum vorausseilt und ihm besonders gute Fließ-, Lösch- und rückzündungshemmende Eigenschaften verleiht. Der Wasserfilm bildet sich auch beim Einsatz der unverschäumten Schaummittellösungen, z. B. in Sprinkleranlagen, Wasserwerfern.

### b) Polymerfilm (AFFF-AR, FFFP)

Der Polymerfilm entsteht beim Löschen polarer Kohlenwasserstoffe (z. B. Alkohole, Ketone, Ester) aus den im Schaum enthaltenen Polymerfilmbildnern. Der Film schwimmt als isolierende Schutzschicht zwischen dem schaumzerstörenden Alkohol und der darüber liegenden Schaumdecke. Nur bei sanfter Schaumaufgabe bildet sich ein stabiler zusammenhängender Polymerfilm, der wirksam vor der schaumzerstörenden Flüssigkeit schützt.

## 4.1.4 Übung zu den Löscheffekten

Tab. 5: Löscheffekte beim Schaumeinsatz

Löscheffekt	Ursache	Schwer-schaum	Mittel-schaum	Leicht-schaum
Dämmeffekt	Wärmeleitfähigkeit			
Kühleffekt	Wassergehalt			
Trenneffekt / Deckeffekt	Schicht- / Filmbildung			
Verdrängungseffekt	Volumen			

Tragen Sie in Tab. 5 „+++“, „++“ oder „+“ ein, je nachdem wie zutreffend der jeweilige Löscheffekt bei den verschiedenen Schaumarten ist.

## 4.2 Anwendung

### 4.2.1 Schaumarten

Welche Schaumart im Einsatz zur Anwendung kommt, entscheidet der Einheitsführer. Die drei Anwendungsarten Schwer-, Mittel- und Leichtschaum sind von der Verschäumungszahl abhängig:

- **Schwerschaum:** VZ bis 20
- **Mittelschaum:** VZ 20 bis 200
- **Leichtschaum:** VZ über 200

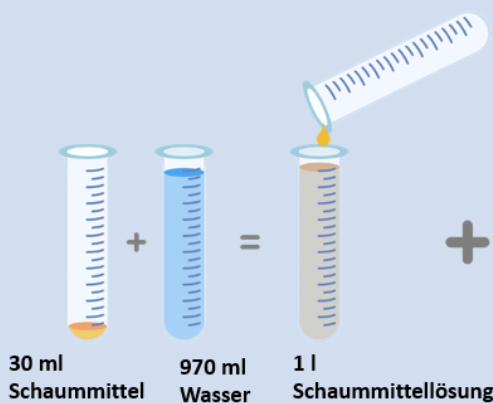



3- %ige Schaummittellösung	Luft	Schaumarten
 <p>30 ml Schaummittel + 970 ml Wasser = 1 l Schaummittellösung</p>	max. 19 l	= max. 20 l Schwerschaum VZ max. 20 
	max. 199 l	= max. 200 l Mittelschaum VZ max. 200 
	mind. 200 l	= mind. 201 l Leichtschaum VZ max. 1000 

Abb. 4: Zusammensetzung des Löschmittels Schaum bei verschiedenen Schaumarten

Quelle: eigene Darstellung

### 4.2.2 Netzmittelanwendung

Bei einigen Feststoffbränden, wie z. B. bei Schüttgut, Waldboden, Dämmmaterialien, Stäuben, Textil-, Papier- oder Strohballen, läuft das Wasser über die Oberfläche ab. Durch die Zumischung von Schaummittel wird die Oberflächenspannung des Wassers herabgesetzt, so dass ein Eindringen in diese Materialien verbessert wird und das Wasser auch im Innern dieser Stoffe seine kühlende Wirkung entfalten kann. Die Zumischrate für herkömmliches Mehrbereichsschaummittel liegt, abhängig vom Brandgut, dem Zumischsystem und den Angaben des Herstellers zwischen 0,1 und 2 %.

### 4.2.3 Ermittlung der benötigten Schaummittelmenge

Eine für den Einsatzleiter wichtige Fragestellung ist die nach der ausreichenden Schaummittelmenge. Ein Schaumangriff ist nur dann sinnvoll und hat Aussicht auf Erfolg, wenn, neben dem notwendigen Wasser, ausreichend Schaummittel verfügbar ist.

Welche löschwirksame Schaummenge lässt sich mit dem Schaummittelvorrat eines Löschgruppenfahrzeuges herstellen und welche Fläche einer brennenden Flüssigkeit lässt sich damit beherrschen?

Folgende Randbedingungen sind gegeben:

Zumischrate: ZR = 3 %  
 Zumischer: Z4R  
 Schwerschaumrohr S4: VZ = 10  
 Löschwassermenge: unbegrenzt  
 Schaummittelvorrat: 120 Liter

Eine Zumischrate von 3 % bedeutet:

3 l Schaummittel auf 100 l Wasser-Schaummittel-Gemisch oder  
12 l Schaummittel auf 400 l Wasser-Schaummittel-Gemisch\* oder  
120 l Schaummittel auf 4.000 l Wasser-Schaummittel-Gemisch

(\*Anmerkung: Bei einem Durchfluss von 400 l/min wird deutlich, dass bereits nach einer Minute 12 l Schaummittel zugemischt wurden. Ein Schaummittelkanister mit 20 l Inhalt liefert also für ca. 1min 40 sec Schaum.)

Bei einer Verschäumungszahl von  $VZ = 10$  lassen sich mit den 4.000 Litern Wasser-Schaummittel-Gemisch also  $40.000\text{l} = 40\text{ m}^3$  Schaum erzeugen. Dies entspricht einer Fläche von  $40\text{ m}^2$ , die 1 m hoch eingeschäumt werden kann.

Geht man von einer Zerstörung von 50 % des Schaums infolge weiter unten beschriebener Einflüsse aus, verringert sich die Schaummenge auf  $20\text{ m}^3$  und die Schaumhöhe auf 0,5 m bei gleichbleibender Fläche von  $40\text{ m}^2$ . Wenn man konservativ abschätzt, dass eine effektive Schaumhöhe von 0,3 m ausreichend ist, vergrößert sich die Fläche bei gleichem Schaumvolumen von  $20\text{ m}^3$  auf ca.  $60\text{ m}^2$ .

Mit einer Schaummittelmenge von 120 Litern lässt sich also eine Fläche von  $60\text{ m}^2$  erfolgreich einschäumen. Dies führt zu folgender Faustformel zur überschlägigen Ermittlung des Schaummittelbedarfs:

**Pro  $\text{m}^2$  brennende Fläche werden 2 Liter Schaummittel benötigt.**

Abweichungen bezüglich des tatsächlichen Schaummittelbedarfs an Einsatzstellen können in Abhängigkeit vom brennbaren Stoff und den zur Verfügung stehenden Schaummitteln aber durchaus möglich sein.

Wird beispielsweise ein Schwerschaumrohr mit einer Verschäumungszahl von  $VZ = 15$  verwendet, ist es näherungsweise möglich, mit einer Schaummittelmenge von 1 Liter Schaummittel pro  $\text{m}^2$  brennende Fläche zu rechnen, siehe folgende Beispiele.

Zur genauen Berechnung gelten folgende Zusammenhänge unter der Voraussetzung, dass der Wasservorrat nicht begrenzt ist.

- **Benötigte Schaummittelmenge pro Minute**  
**= Durchfluss : (100 · Zumischrate)**  
Beispiel (1 % Zumischrate):  $400\text{ l/min} : (100 \cdot 1\%) = 4\text{ l/min}$   
Beispiel (3 % Zumischrate):  $400\text{ l/min} : (100 \cdot 3\%) = 12\text{ l/min}$
- oder
- **Benötigte Schaummittelmenge pro Minute (Faustformel)**  
**= Angabe Zumischer · Zumischrate**  
Beispiel (1 %):  $4 \cdot 1 = 4\text{ l/min}$   
Beispiel (3 %):  $4 \cdot 3 = 12\text{ l/min}$
- **Mögliche Gesamtzeit der Schaumerzeugung**  
**= Schaummittelvorrat : benötigte Schaummittelmenge pro Minute**  
Beispiel (1 %):  $120\text{ l} : 4\text{ l/min} = 30\text{ min}$   
Beispiel (3 %):  $120\text{ l} : 12\text{ l/min} = 10\text{ min}$
- **Erzeugbares Schaumvolumen**  
**= Durchfluss · VZ des Strahlrohres · Gesamtzeit**

Beispiel (1 %; Schwerschaum):	$400 \text{ l/min} \cdot 15 \cdot 30 \text{ min} = 180\,000 \text{ l} = 180 \text{ m}^3$
Beispiel (1 %; Mittelschaum):	$400 \text{ l/min} \cdot 75 \cdot 30 \text{ min} = 900\,000 \text{ l} = 900 \text{ m}^3$
Beispiel (3 %; Schwerschaum):	$400 \text{ l/min} \cdot 15 \cdot 10 \text{ min} = 60\,000 \text{ l} = 60 \text{ m}^3$
Beispiel (3 %; Mittelschaum):	$400 \text{ l/min} \cdot 75 \cdot 10 \text{ min} = 300\,000 \text{ l} = 300 \text{ m}^3$

- **Abdeckbare Fläche (Faustformel)**  
**= Schaumvolumen · 2 (bei 0,5 m Überdeckung)**

Beispiel (1 %; Schwerschaum):  $180 \text{ m}^3 \cdot 2 = 360 \text{ m}^2$   
 ⇒ Faustwert für Zumischrate 1 %: 1 l MBS = 3 m<sup>2</sup> Schaum (VZ 15)

Beispiel (1 %; Mittelschaum):  $900 \text{ m}^3 \cdot 2 = 1.800 \text{ m}^2$   
 ⇒ Faustwert für Zumischrate 1 %: 1 l MBS = 15 m<sup>2</sup> Schaum (VZ 75)

Beispiel (3 %; Schwerschaum):  $60 \text{ m}^3 \cdot 2 = 120 \text{ m}^2$   
 ⇒ Faustwert für Zumischrate 3 %: 1 l MBS = 1 m<sup>2</sup> Schaum (VZ 15)

Beispiel (3 %; Mittelschaum):  $300 \text{ m}^3 \cdot 2 = 600 \text{ m}^2$   
 ⇒ Faustwert für Zumischrate 3 %: 1 l MBS = 5 m<sup>2</sup> Schaum (VZ 75)

Die angenommene Überdeckung von 0,5 m beinhaltet zum großen Teil die Verluste an Schaum wie z. B. Abbrandverluste.

## 4.2.4 Ermittlung der Anzahl der Schaumstrahlrohre (Aufbringrate)

Die zweite für den Einsatzleiter wichtige Frage ist die nach der Anzahl der einzusetzenden Schaumstrahlrohre. Diese kann beantwortet werden, wenn bekannt ist, wie groß bei dem jeweiligen Brandherd die Löschintensität, also die pro Minute aufgebrauchte Menge an Wasser-Schaummittel-Gemisch sein muss. Diese Anwendungsrate des Löschmittels wird als Aufbringrate bezeichnet. Ist die Aufbringrate zu gering, verzögert sich der Löscherfolg oder bleibt ganz aus.

Aufbringraten werden von den Schaummittelherstellern vorgegeben und in der Einheit „Liter Wasser-Schaummittel-Gemisch pro Minute und Quadratmeter“ (l WSG/min·m<sup>2</sup>) angegeben.

Tab. 6 zeigt die mittleren Aufbringraten auf Benzin in Abhängigkeit vom verwendeten Schaummittel.

Tab. 6: Aufbringraten für Benzin

Schaummittel	Abkürzung	Aufbringrate in l WSG/min·m <sup>2</sup>
Protein-Schaummittel	PS	4
Mehrbereichsschaummittel	MBS	4
Fluor-Protein-Schaummittel	FPS	3
Wasserfilmbildendes Schaummittel	AFFF	3
AFFF alkoholbeständig	AFFF-AR	2

Die Ermittlung der notwendigen Schaumstrahlrohre erfolgt dann durch Multiplikation der Aufbringrate mit der Größe der brennenden Fläche:

Brennt z. B. Benzin auf einer Fläche von  $10\text{ m} \cdot 10\text{ m} = 100\text{ m}^2$  und soll diese mit Mehrbereichsschaummittel gelöscht werden, ergibt sich folgende Rechnung:

$$\text{Fläche} \cdot \text{Aufbringrate} = 100\text{ m}^2 \cdot 4\text{ l/min}\cdot\text{m}^2 = 400\text{ l/min}$$

Das Ergebnis bedeutet, dass ein Löschmittelstrom von 400 l/min gewährleistet werden muss. Hierzu würde also ein S4-Schaumstrahlrohr ausreichen.

Bei einer größeren brennenden Fläche reicht ein S4-Schaumstrahlrohr nicht mehr aus. Es müssten dann zwei S4- oder ein S8-Schaumstrahlrohr eingesetzt werden.

Für andere brennbare Stoffe gelten folgende Mindestaufbringraten:

Tab. 7: Faustwerte für Aufbringraten bei verschiedenen brennbaren Stoffen

Brennbarer Stoff	Mindestaufbringrate in l WSG/min·m <sup>2</sup>
unbekannte Flüssigkeit	8
Flüssigkeitsfläche ab 200m <sup>2</sup>	8
Tankbrände unpolar	10
Tankbrände polar	20
Feststoffbrände bis 200m <sup>2</sup>	4
Feststoffbrände ab 200m <sup>2</sup>	8

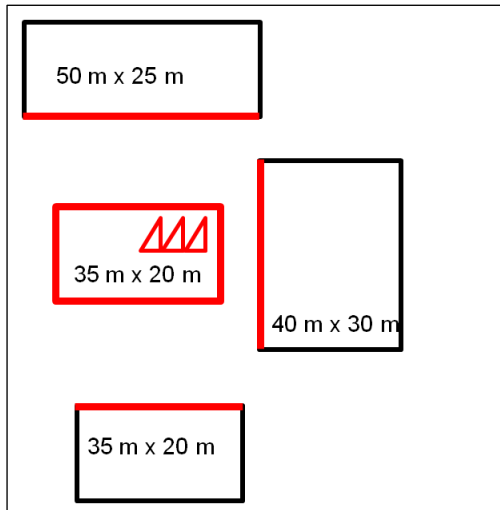
Die in Tab. 6 und Tab. 7 angegebenen Werte sind Mindestwerte und so schnell es geht zu überschreiten, bei der Brandklasse B keinesfalls zu unterschreiten!

## **Aufgabe: Schaumeinsatz - Löschzug**

***Ein Löschzug mit zwei Löschgruppenfahrzeugen (LF 20, LF 10) besitzt eine Schaumausrüstung, bestehend aus jeweils einem Kombinations-schaumstrahlrohr (VZ 15 und 60), einem Zumischer Z4R sowie 120 Litern Mehrbereichsschaummittel pro LF.***

***Es brennt Benzin auf einer Fläche von ca. 150 m<sup>2</sup>. Der Hersteller des Schaummittels gibt für Benzin eine Zumischrate von 3 % und eine Aufbringrate von 4 l/(min·m<sup>2</sup>) vor. Ist ein erfolgreicher Einsatz möglich?***

**Aufgabe: Brandbekämpfung mit Schaum und Kühlung**



**Bei Eintreffen der Feuerwehr zündet das skizzierte Warenlager durch.**

**Folgende Einsatzaufträge sind abzuarbeiten:**

**Schutz der drei angrenzenden Hallen (jeweils mit Flachdach) und Löschangriff mit Schwerschaum (3 % MBS) für 15 Minuten**

Abb. 5: Skizze zur Aufgabe „Brandbekämpfung mit Schaum und Kühlung“

Quelle: eigene Darstellung

- a) **Ermitteln Sie für das Warenlager den Wasser- und Schaummittelbedarf, sowie die Anzahl der Zumischer bzw. Schaumstrahlrohre zur Brandbekämpfung mit Schaum.**
- b) **Bestimmen Sie den Wasserbedarf zur Kühlung der angrenzenden Hallen.**
- c) **Ermitteln Sie den gesamten Wasserbedarf und die Anzahl der notwendigen Feuerlöschkreiselpumpen.**

**Rechnen Sie mit folgenden Werten:**

**Aufbringrate:  $I_{Lö} = 8 \text{ l/min} \cdot \text{m}^2$**

**Löschdauer:  $t_{Lö} = 15 \text{ min}$**

#### 4.2.5 Anwendungshinweise

Weitere wichtige Anwendungshinweise für das Löschmittel Schaum sind:

- ⇒ Den gesamten Schaummittelvorrat am Zumischer bereit stellen und alle Kanister aufschrauben!
- ⇒ Den Schaumstrahl erst dann zur Brandbekämpfung einsetzen, wenn der Schaum die gewünschte Konsistenz hat!
- ⇒ Am Schaumstrahlrohr nur saubere Luft ansaugen!
- ⇒ Gerätschaften nach dem Einsatz gründlich reinigen!
- ⇒ Geringere Wurfweiten im Vergleich zu Wasser beachten  
Mindestwurfweite Schwerschaumrohr S4: 20 m  
Mindestwurfweite Mittelschaumrohr M4: 7 m
- ⇒ Einsatz von Wärmeschutzbekleidung prüfen!



## 4.2.6 Direkte und indirekte Beschäumung

Bei der Brandbekämpfung mit Schaum ist vom Strahlrohrführer darauf zu achten, dass der Schaum richtig aufgebracht wird. Soll ein Feststoffbrand mit Schaum gelöscht werden, so wird das Brandgut direkt mit dem Schaum abgedeckt.

Wird hingegen eine brennende Flüssigkeit mit Schaum gelöscht, so muss der Schaum indirekt aufgegeben werden: Über eine Hilfsfläche, z. B. die Geländeoberfläche, eine Behälterwand oder eine andere geeignete Fläche, wird der Schaum abseits der brennenden Fläche an einer Stelle aufgetragen und breitet sich von hier aus über die brennende Flüssigkeit aus. Eine direkte Schaumaufgabe hätte eine Zerstörung des Schaums zur Folge, da der Schaum in die brennende Flüssigkeit eintauchen und beim Auftauchen an der Oberfläche verbrennen würde.

## 4.3 Anwendungsgrenzen

Beim Einsatz des Löschmittels Schaum sind u.a. folgende Punkte zu beachten:

### Schaumzerstörung

An der Einsatzstelle hergestellter Schaum wird durch verschiedene Einflussfaktoren zerstört:

*Wärme*  
*andere Löschmittel*  
*mechanische Einflüsse*  
*Chemikalien*  
*Wasserhalbzeit*

### Elektrische Leitfähigkeit

Der von der Feuerwehr an der Einsatzstelle hergestellte Schaum ist in der Regel elektrisch leitfähig und darf daher bei unter Spannung stehenden Anlagen nicht eingesetzt werden. Wird z. B. ein Raum mit Schaum geflutet, in dem ein spannungsführender Leiter frei liegt und mit dem Schaum in Berührung kommt, wird das gesamte Schaumvolumen unter Spannung gesetzt und kann die Einsatzkräfte, die mit ihm in Kontakt kommen, in Gefahr bringen. Manche stationären Schaumlöschanlagen stellen mit Spezialschaummittel und destilliertem Wasser nicht leitfähigen Schaum her.

Der Entwurf der DIN VDE 0132 vom April 2017 sieht bei Abgabe von Druckluftschaum mit CM- bzw. Hohlstrahlrohren in Niederspannungsanlagen Mindestabstände von 1 m (Sprühstrahl) und 5 m (Vollstrahl) vor.

Außerdem wird in dem DIN-Entwurf darauf hingewiesen, dass anhaftender Schaum an unter Spannung stehenden Teilen zu Spannungsverschleppungen führt und die Einsatzkräfte über einen damit in Verbindung stehenden Schaumteppich gefährdet werden können.

### Gegendruckempfindlichkeit

Bei der Verwendung von Z-Zumischern ist zu beachten, dass diese nur bis zu einem bestimmten Gegendruck arbeiten. Der Druckverlust zwischen Zumischer und Schaumstrahlrohr darf nach DIN 14384 nicht größer als 2 bar sein. Wegen dieser Gegendruckempfindlichkeit ist die Schaumabgabe über Drehleitern (Druckverlust: max. Höhe 30 m  $\triangleq$  3 bar und Druckverlust im 35 m langen B-Schlauch) häufig mit Schwierigkeiten verbunden. Eine Abstimmung von Maschinist und Strahlrohrführer, der den Strahlrohreingangsdruck am



Schaltorgan des Schaumstrahlrohres ablesen kann, ist deshalb bei diesen Einsätzen notwendig.

### Erstickungsgefahr beim Fluten von Räumen

Vor dem Fluten von Räumen ist sicherzustellen, dass sich keine Einsatzkräfte darin befinden, weder ohne noch mit Atemschutz. Bei diesen können wichtige Bauteile, welche die Luftversorgung sicherstellen, verkleben und somit versagen.

### Einleitung von Schaum in offene Gewässer verhindern

Da Schaummittel zu den wassergefährdenden Stoffen gehören und somit schädlich auf Wasserlebewesen wirken, soll nach Möglichkeit eine Einleitung von Wasser-Schaummittel-Gemischen in offene Gewässer wie Bäche, Flüsse, Teiche oder Seen z. B. durch Löschwasserrückhaltung verhindert werden.

### Umweltschutz und Fluorproblematik

Bei perfluorierten Tensiden handelt es sich um eine Untergruppe der Kohlenwasserstoffe. Neben den kurzkettigen, gasförmigen Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKW) und Fluorkohlenwasserstoffen (FKW), die als umweltschädigend einzustufen sind, gehören auch langkettige, feste Fluorpolymere (z. B. Teflon) und fluoriierte Polymere, (z. B. Imprägniermittel) zu den perfluorierten Tensiden.

Die Substanzen der fluororganischen Verbindungen, die bei den AFFF-Schaummitteln in der Kritik stehen, sind Perfluoroktansulfonsäure (PFOS) und Perfluoroktansäure (PFOA), die weltweit am häufigsten in der Umwelt vorkommen. Sie stehen unter dem Verdacht, karzinogene Wirkungen zu haben.

Wasserfilmbildende Schaumlöschmittel enthielten bis 2002 noch eine Konzentration von ca. 1 - 6 v. H. PFOS. Aufgrund der heute nachgewiesenen persistenten sowie der bioakkumulativen Eigenschaften und der für Säugetiere toxischen Wirkung von PFOS wurden mit der Richtlinie 2006/122/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates das In-Verkehr-Bringen und die Verwendung dieser gefährlichen Stoffe und Zubereitungen stark eingeschränkt. Heute dürfen nur noch Zubereitungen mit einem Massenanteil von weniger als 0,005 v. H. verwendet werden. Ausgenommen von dieser Regelung waren Schaumlöschmittel, die vor dem 27. Dezember 2006 hergestellt wurden. Diese durften aber nur noch bis 27. Juni 2011 eingesetzt werden.

Seit 2008 ist die Vermarktung PFOS-haltiger Produkte nicht mehr erlaubt. Seither werden sog. Telomer-Fluortenside verwendet. Diese sind wie die PFOS kaum biologisch abbaubar, aber eine Toxizität wie bei den PFOS ist (noch) nicht nachgewiesen.

## 5 Löschmittel Pulver

Mit Ausnahme der Brandklasse F wird das Löschmittel Pulver für alle Brandklassen eingesetzt. Löschpulver wird vorwiegend in tragbaren Feuerlöschern verwendet, aber auch in fahrbaren Löschgeräten, ortsfesten Anlagen und Löschmittelbehältern von Feuerwehrfahrzeugen wird es vorgehalten.

Pulverlöscher werden in den Brandklassen A, B, C und D als ABC-Pulverlöscher, BC-Pulverlöscher und D-Pulverlöscher eingesetzt.

### **ABC-Löschpulver (Glutbrandlöschpulver) und BC-Löschpulver**

Während ABC-Löschpulver vorwiegend aus Ammoniumverbindungen (ähnlich Düngemitteln) wie z. B. Ammoniumphosphat besteht, sind die Grundsubstanzen für BC-Pulver Natriumhydrogencarbonat (ähnlich Backpulver) und Kaliumhydrogencarbonat. Es handelt sich in beiden Fällen um farblose Pulver, die zur Kennzeichnung von den Herstellern eingefärbt werden. Die Farben erlauben jedoch keine Rückschlüsse auf den generellen Löschpulvertyp.

In ihren allgemeinen physikalischen Eigenschaften weichen die BC-Löschpulver nur unwesentlich von den ABC-Pulvern ab. Korngröße und spezifische Oberfläche stimmen oft überein.

### **D-Löschpulver (Metallbrandpulver)**

Das D-Löschpulver besteht in den meisten Fällen aus Alkalichloriden, wie z. B. Natriumchlorid (Kochsalz).

Metallbrandpulver unterscheidet sich nicht in den physikalischen Eigenschaften von den anderen Pulversorten, sondern nur in seiner Wirkungsweise.

Alle Löschpulver müssen

- ungiftig,
- unschädlich,
- haltbar,
- förderfähig,
- isolationsfähig,
- löschfähig und
- umweltverträglich

sein.

### **5.1 Löschwirkung**

Die Löschwirkungen sind je nach Pulverart verschieden.

#### **5.1.1 Löschwirkung des ABC-Löschpulvers und BC-Löschpulvers**

Das ABC-Löschpulver und das BC-Löschpulver haben eine reaktionshemmende (inhibierende) Wirkung auf Flammen. Die Hauptlöschwirkung bei Flammenbränden beruht auf der Reaktionshemmung (heterogenen Inhibition) durch den sogenannten Wandeffekt. Dieser wird durch die große Gesamtoberfläche der Pulverteilchen ( $1 \text{ kg} = 130 - 390 \text{ m}^2$ ) realisiert. Des Weiteren kommt es zu einer erstickenden Wirkung durch Verdünnen der Sauerstoffkonzentration.

Bei Bränden der Brandklasse A hat das ABC-Löschpulver eine erstickende Wirkung durch Trennen. Durch Schmelzen bzw. Zersetzen des Löschpulvers ab ca.  $70^\circ\text{C}$  entstehen

Salzschmelzen, die in die Poren fester Brennstoffe fließen und an der Oberfläche Sinterschichten bilden, wodurch das Eindringen von Sauerstoff verhindert wird.

## 5.1.2 Löschwirkung des D-Löschpulvers

Bei dem Einsatz des D-Löschpulvers sintern bzw. schmelzen hochtemperierte Salze. Es kommt zu einer starken Glasurbildung. Durch den Stickeffekt der Krustenbildung ist keine Luftsauerstoffdurchdringung mehr möglich. Je nach Art des Brandguts kann das Verlöschens unterschiedlich lange dauern. Eine zu frühzeitige Kontrolle, ob ein Löscherfolg erzielt wurde und damit einhergehend die teilweise Zerstörung der Glasur-Kruste, muss unbedingt vermieden werden.

## 5.2 Anwendung

Große Vorteile, insbesondere des ABC-Pulvers, sind seine vielseitige Verwendbarkeit und seine schnelle Wirksamkeit bei Flammenbränden.

Ein ABC-Löscher kann bei praktisch allen auftretenden Bränden eingesetzt werden. Insbesondere in der Entstehungsphase können auch Laien bei richtiger Handhabung der Löscher sehr schnell Löscherfolge erzielen.

Wichtige Einsatzbereiche von ABC-Löschpulver sind z. B. Heizungsanlagen, Lagerräume, Werkstätten; also Objekte, bei denen das Brandrisiko der drei Brandklassen ABC abgedeckt werden muss. Treten nur Stoffe der Brandklasse B und C auf, genügt BC-Pulver.

Bei Bränden der Brandklasse A werden die erstickend wirkenden Salzschmelzen am ehesten gebildet, wenn man versucht eine möglichst geschlossene Pulverschicht zu erzeugen. Hierbei kann es von Vorteil sein, kurze, weiche Pulverstöße auf den Brandherd abzugeben.

Flammenbrände der Brandklassen B und C (sofern ein Löschen von Gasbränden einsatztaktisch sinnvoll ist) erfordern eine komplette Durchmischung des abgegebenen Pulvers mit den Flammen. Daher sollten die Flammen mit einer weichen Pulverwolke möglichst komplett eingehüllt werden. Eine Unterbrechung der Pulverabgabe kann den Löscherfolg gefährden.

Bei Metallbränden wird das D-Pulver mit einer speziellen Pulverbrause weich und drucklos auf das Metall bzw. die Metallschmelze aufgegeben. Diese vorsichtige Abgabe des Pulvers ist zwingend notwendig, damit sich eine zusammenhängende, luftdichte Sinterschicht ausbilden kann.

Zur Abschätzung des Löscherfolges und der notwendigen Löschmittelmenge kann man aus der DIN EN 3 (Löschvermögen von tragbaren Feuerlöschern mit ABC-Pulver) folgende Faustformeln ableiten:

Einsatz von ABC-Pulver in der Brandklasse A:

<b>10 kg ABC-Pulver für ca. 1 m<sup>3</sup> Volumen</b>
---

Einsatz von ABC-Pulver in Brandklasse B:

<b>10 kg ABC-Pulver für ca. 5 m<sup>2</sup> Fläche</b>
--

## 5.3 Anwendungsgrenzen

Beim Einsatz des Löschmittels Pulver sind u. a. folgende Punkte zu beachten:

### Größe des Brandherdes

Generell ist Löschpulver, soweit für die jeweilige Brandklasse zugelassen, für alle Brände einsetzbar. Es gilt zu beachten, dass der Löscherefolg nur bei einer ausreichend großen Löschpulverwolke eintritt.

### Begrenzter Löschmittelvorrat

Der Löschmittelvorrat ist meistens begrenzt, so dass bei ausgedehnten Bränden der Löschpulvervorrat nicht ausreicht.

### Geringe Reichweiten

Beim Einsatz von Löschpulver sind die Reichweiten gering.

### Rückzündungsgefahr

Die Gefahr der Rückzündung ist aufgrund mangelnder Kühlwirkung zu berücksichtigen.

### Sichtbehinderung

Beim Einsatz von Pulver kommt es zu starken Sichtbehinderungen.

### Wechselwirkung mit anderen Löschmitteln

Vorsicht ist beim kombinierten Einsatz mit Löschschaum geboten: Viele Pulver zersetzen den Schaum schnell und nachhaltig. Generell sind Pulverlöschmittel nicht schaumverträglich, nur die Pulver mit der Zusatzbezeichnung SV sind schaumverträglich.

### Folgeschäden

Wegen seiner Eigenschaften als Salzgemisch kann es durch diese Ablagerungen in Verbindung mit (Luft-) Feuchtigkeit zu starken Korrosionsschäden kommen. Diese Korrosionsschäden treten manchmal erst nach mehreren Wochen oder Monaten auf, je nach Luftfeuchtigkeit und Menge des Löschpulvers.

Ebenso sind die starke Verunreinigung durch Löschpulver und der damit verbundene enorme Reinigungsaufwand zu bedenken.

### Elektrizität

Folgende Sicherheitsabstände beim Einsatz von Pulver in unter Spannung stehenden Anlagen sind zu beachten.

Tab. 8: Sicherheitsabstände beim Einsatz von Löschpulver bei unter Spannung stehenden Anlagen

Brandklassen Löschpulverart	Mindestabstände zwischen Löschaustrittsöffnung und unter Spannung stehenden Anlagenteilen in m	
	Niederspannung (bis 1 kV)	Hochspannung (bis 380 kV)
BC-Löschpulver	1	5
ABC-Löschpulver	1	nur in spannungsfreien Anlagen
D-Löschpulver	1	nur in spannungsfreien Anlagen

## 6 Löschmittel Kohlenstoffdioxid

Tab. 9: Ausgewählte Eigenschaften des Löschmittels Kohlenstoffdioxid

Eigenschaften des Löschmittels Kohlenstoffdioxid	
Chemische Formel	CO <sub>2</sub>
Erscheinungsbild	farb- und geruchloses Gas, das leicht säuerlich schmeckt
Dichte	1,96 kg/m <sup>3</sup> (Dichteverhältnis zu Luft: 1,52)
Schmelzpunkt	-56,6 °C (bei 5,18 bar)
Sublimationspunkt	-78,5 °C (bei 1013 hPa)
Kritische Temperatur	31,4 °C
Elektrische Leitfähigkeit	nicht leitend
Lagerung	verflüssigt in Druckgasflaschen bei 75 bar oder tiefkalt bei geringem Druck

### 6.1 Löschwirkung

Die Löschwirkung von Kohlenstoffdioxid beruht auf dem Ersticken durch Verdünnen. Ein verwertbarer Kühleffekt ist selbst dem festen CO<sub>2</sub>-Schnee nicht zuzuschreiben, da die Sublimation so langsam abläuft, dass keine Kühlwirkung eintritt.

Kohlenstoffdioxid ist ca. 1,5mal schwerer als Luft und verdrängt so den Sauerstoff der Luft von unten. Dieser Verdrängungseffekt hält allerdings nicht lange vor, da Kohlenstoffdioxid bei Temperaturen von über 165 °C spezifisch leichter als Luft wird und sich somit aus der Verbrennungszone entfernt. Die Löschwirkung ist daher nur kurzzeitig, wenn nicht bestimmte Mindestkonzentrationen an Kohlenstoffdioxid im Brennstoff-Luft-Gemisch erreicht werden, die bei ca. 30 Vol.-% liegen. Dies kann technisch nur innerhalb von geschlossenen Räumen gelingen.

#### Aufgabe: CO<sub>2</sub>-Löschanlage

**Wie viel Liter CO<sub>2</sub> (g) entstehen unter Atmosphärendruck bei 60 °C (Auslösung Wärmemelder), wenn aus einem Druckbehälter einer stationären Löschanlage 500 kg CO<sub>2</sub> (l) vollständig ausgestoßen werden?**

### 6.2 Anwendung

Kohlenstoffdioxid findet aufgrund seiner Löschwirkung hauptsächlich bei reinen Flammenbränden in den Brandklassen B und C Anwendung.

Es hinterlässt praktisch keine Rückstände und wird deshalb besonders in Bereichen eingesetzt, in denen andere Löschmittel hohe Schäden anrichten würden (z. B. in elektrischen Anlagen, Laboren, Küchen).

Kohlenstoffdioxid wird mit Hilfe von tragbaren Feuerlöschern, fahrbaren Löschgeräten oder ortsfesten Löschanlagen als

CO<sub>2</sub>-Schnee,  
CO<sub>2</sub>-Nebel oder  
CO<sub>2</sub>-Gas

eingesetzt.

**Kohlenstoffdioxidschnee** wird in einer Schneedüse (Schneerohr), die den Zutritt von Wärme und Luft verhindert, erzeugt. Er eignet sich besonders zum Löschen kleinerer Flüssigkeitsbrände.

**Kohlenstoffdioxidnebel** ist eine Weiterentwicklung des Kohlenstoffdioxidschnees und besteht aus einem Gemisch von feinstem Schnee und Gas. Auf Grund der guten Handlichkeit der Nebeldüse und des weich austretenden Löschstrahls wird CO<sub>2</sub>-Nebel vornehmlich in Laboren, EDV-Anlagen, Apotheken usw. verwendet.

**Kohlenstoffdioxidgas** wird direkt aus der Gasphase entnommen und tritt demnach mit vollem Flaschendruck und hoher Geschwindigkeit aus. Somit eignet es sich besonders zum Löschen von Gasbränden.

Zur Abschätzung des Löschmittelbedarfs kann folgende Faustformel angewendet werden:

<b>Pro m<sup>3</sup> zu löschender Raum wird 1 kg CO<sub>2</sub> benötigt.</b>
--

## 6.3 Anwendungsgrenzen

Beim Einsatz des Löschmittels Kohlenstoffdioxid sind u. a. folgende Punkte zu beachten:

### Atemgift

Kohlenstoffdioxid ist in höheren Konzentrationen ein Atemgift mit Wirkung auf Blut, Nerven und Zellen. Ab einer Konzentration von 3-4 Vol.-% reagiert der menschliche Körper mit einer erkennbaren Steigerung der Atemfrequenz. Wird eine Konzentration von 6-8 Vol.-% erreicht, können Ohnmacht, Krämpfe und Atemstillstand eintreten. Löschwirksame Konzentrationen von 30 Vol.-% und mehr führen innerhalb von Sekunden zur Bewusstlosigkeit und nach wenigen Minuten zum Tod.<sup>3</sup>

### Brände von Metallen und stark Glut bildenden Stoffen

Ähnlich wie bei Wasser setzt auch bei Kohlenstoffdioxid bei hohen Temperaturen die thermische Dissoziation (Aufspaltung) ein. Der entstehende Sauerstoff fördert zusätzlich die Verbrennung.

### Fehlende Kühlwirkung

Durch den Brand aufgeheizte Teile (z. B. Behälterwände) können nicht abgekühlt und somit Rückzündungen und erneute Entflammungen nicht verhindert werden.

### Erfrierungen

Kohlenstoffdioxidschnee ruft bei längerem Kontakt mit der Haut „Verbrennungen“ hervor.

<sup>3</sup> Quelle: G. Rodewald / A. Rempe, „Feuerlöschmittel“

## Elektrostatische Aufladung

Kohlenstoffdioxid neigt bei der Expansion zur elektrostatischen Aufladung. Die Entladung der statischen Elektrizität kann Funkenüberschläge erzeugen, die explosionsfähige Atmosphären zünden können.

## Elektrische Anlagen

Im Bereich von unter Spannung stehenden Anlagen sind die Sicherheitsabstände gemäß Tab. 10 einzuhalten.

Tab. 10: Sicherheitsabstände beim Einsatz von Kohlenstoffdioxid bei unter Spannung stehenden Anlagen

	<b>Mindestabstände zwischen Löschaustrittsöffnung und unter Spannung stehenden Anlagenteilen in m</b>				
	<b>bis 1 kV</b>	<b>bis 30 kV</b>	<b>bis 110 kV</b>	<b>bis 220 kV</b>	<b>bis 380 kV</b>
Kohlenstoffdioxid	1	3	3	4	5

## Sonstiges

Kohlenstoffdioxid ist im Freien praktisch unwirksam und kann insbesondere bei Verwendung von Feuerlöschern nur mit geringen Wurfweiten angewendet werden.

## 7 Fettbrandlöschmittel

Fettbrandlöschmittel sind wässrige Lösungen mit speziellen Additiven, die je nach Hersteller eine unterschiedliche Farbe aufweisen können und vom Geruch her spezifisch sind. Fettbrandlöschmittel sind in der Regel physiologisch unbedenklich, biologisch gut abbaubar und unbegrenzt in Wasser löslich. Bei bestimmungsgemäßer Anwendung sind keine gesundheitlichen Bedenken zu erwarten.

### 7.1 Löschwirkung

Durch chemische Reaktion des Fettbrandlöschmittels mit den Speiseölen und -fetten entsteht eine geschlossene, gasdichte Schaumdecke (Ersticken durch Trennen). Ferner wird den Speiseölen und -fetten sowie deren Umgebung Wärme entzogen. Diese abkühlende Wirkung reduziert die Gefahr von Rückzündungen.

### 7.2 Anwendung

Das Löschmittel wird flüssig über Sprühdüsen fein verteilt auf das brennende Speisefett bzw. -öl aufgebracht.

Das Fettbrandlöschmittel ist primär für den Einsatz bei Bränden der Brandklasse F gedacht, kann aber je nach Herstellerangaben auch für Brände der Brandklassen A und B genutzt werden.

Fettbrandlöschmittel werden in tragbaren Feuerlöschern sowie in ortsfesten Löschanlagen eingesetzt.

Die Wurfweite eines Fettbrandlöschers beträgt nach Herstellerangaben bis zu 4 m.



## 7.3 Anwendungsgrenzen

Beim Einsatz des Fettbrandlöschmittels sind u. a. folgende Punkte zu beachten:

### Brände von Metallen und Gasen

Hier zeigt das Fettbrandlöschmittel keine Wirkung. Ganz im Gegenteil: Bei hohen Brandtemperaturen kann auch hier das im Löschmittel enthaltene Wasser dissoziieren und den Brand beschleunigen.

### Atemgifte

Werden größere Mengen von brennendem Speisefett bzw. -öl gelöscht, ist mit einer starken Rauchentwicklung und dem Auftreten gesundheitsgefährlicher Stoffe zu rechnen.

### Elektrizität

Im Bereich von unter Spannung stehenden Anlagen sind die Sicherheitsabstände gemäß Tab. 11 einzuhalten.

Tab. 11: Sicherheitsabstände beim Einsatz von Fettbrandlöschmitteln bei unter Spannung stehenden Anlagen

	<b>Mindestabstände zwischen Löschaustrittsöffnung und unter Spannung stehenden Anlagenteilen in m</b>	
	<b>Niederspannung (bis 1 kV)</b>	<b>Hochspannung (über 1 kV)</b>
Fettbrandlöschmittel	1	nur in spannungsfreien Anlagen

### Umherspritzen

Beim Aufbringen des Fettbrandlöschmittels kann es kurzzeitig zum Umherspritzen von heißen Fetttropfen kommen bis die Löschwirkung eintritt. Aus diesem Grund sollte, wenn möglich, auf jeden Fall ein größerer Sicherheitsabstand (ca. 2 m) eingehalten werden.

## 8 Sonstige Löschmittel

### 8.1 Inertgase

Als inert werden Stoffe bezeichnet, die von sich aus nicht zu chemischen Reaktionen neigen. Als Löschmittel haben sich insbesondere Stickstoff, Argon und INERGEN® etabliert. Sie löschen wie Kohlenstoffdioxid durch Verdünnen des Luftsauerstoffes und werden in stationären Löschanlagen eingesetzt.

Tab. 12 gibt einen Überblick der Eigenschaften der verschiedenen Inertgase im Vergleich zu CO<sub>2</sub>.



Tab. 12: Vergleich der Eigenschaften von CO<sub>2</sub> und verschiedenen Inertgasen

	Kohlenstoffdioxid	Argon	Stickstoff	INERGEN®
<b>Chem. Formel/ Zusammensetzung</b>	CO <sub>2</sub>	Ar	N <sub>2</sub>	52 Vol.-% N <sub>2</sub> 40 Vol.-% Ar 8 Vol.-% CO <sub>2</sub>
<b>Physikalische Eigenschaften</b>	Dichte (0 °C, 1 bar) vgl. Luft: 1,29 kg/m <sup>3</sup> sonstige	1,78 kg/m <sup>3</sup> farb- und geruchlos, elektrisch nicht leitend	1,25 kg/m <sup>3</sup> farb- und geruchlos, elektrisch nicht leitend	1,52 kg/m <sup>3</sup> farb- und geruchlos, elektrisch nicht leitend
<b>Lösch- eigenschaften</b>	Löschwirkung Brandklassen Löschkonzentration für Heptan	Verdünnen A, D	Verdünnen A	Verdünnen A, B
<b>Personen- schutz und Gesundheit</b>	Sauerstoff- verdrängung Toxizität	ca. 22 Vol.-% (ca. 62 Vol.-% für Brandklasse A) auf eine gesundheits- gefährdende bis potentiell lebens-gefährdende Konzentration toxisch in löschwirk- samer Konzentration (ab 4 Vol.-%)	ca. 33 Vol.-% auf eine gesundheits- gefährdende bis potentiell lebens- gefährdende Konzentration nicht toxisch in löschwirksamer Konzentration	ca. 33 Vol.-% auf ca. 10-14 Vol.-% (keine Gefahr für Per- sonen wegen atmungs- stimulierende Wirkung von INERGEN) nicht toxisch in löschwirksamer Konzentration
<b>Umweltaspekte</b>	ODP GWP ATL	0 0 variabel	0 0 k. A.	0 < 1 k. A.
<b>Reaktionen</b>	zu CO auch unter 1.200 °C möglich; sehr heftig mit starken Basen, mit best. Metallen bei hohen Temp.	Edelgas (reagiert nicht)	Bildung Stickoxide ab 2.300 K; bei normalen Brandtemp. <1.200 °C keine Reaktionen	Reaktionen weitgehend ausgeschlossen
<b>Bevorratung</b>	verflüssigt in Gasflaschen	komprimiert in Gas- flaschen, 200-300 bar	komprimiert in Gas- flaschen, 200-300 bar	komprimiert in Gas- flaschen, 200-300 bar

ODP: Ozone Depletion Potential, Ozonabbaupotenzial (beschreibt, in wie weit das Löschmittel zum Abbau der Ozonschicht beiträgt)  
GWP: Global Warming Potential, Globales Erwärmungspotenzial (beschreibt, in wie weit das Löschmittel zum globalen Treibhauseffekt beiträgt) (Bezugssubstanz CO<sub>2</sub>; Zeithorizont 100 Jahre)  
ATL: Atmosphärische Lebensdauer (gibt an, wie lange das Löschmittel in seiner Gesamtheit in der Atmosphäre verbleibt)

## 8.2 Halone

Halone sind wie die FCKWs halogenierte Kohlenwasserstoffverbindungen. Als Halone werden alle brandhemmenden Halogenkohlenwasserstoffe bezeichnet. Aufgrund ihrer giftigen und ozonschichtschädigenden Wirkungen sind die früher sehr gebräuchlichen Halone **1211** (Bromchlordifluormethan, CF<sub>2</sub>ClBr) und **1301** (Bromtrifluormethan, CF<sub>3</sub>Br) seit dem 01.01.1992 verboten. In den Ländern, die das Kyoto-Protokoll nicht unterschrieben haben, ist die Verwendung von Halon als Löschmittel im Rennsport neben vielen anderen Anwendungen noch zulässig. Selbst für militärische Zwecke ist es in Deutschland aufgrund von Alternativen inzwischen nahezu unmöglich, Halone einzusetzen.

zen. Halone haben schon bei niedrigen Konzentrationen (4 - 5 Vol.-% in Luft) eine schlagartige reaktionshemmende Löschwirkung (homogene Inhibition).

### 8.3 Chemische Löschgase

Als Ersatzstoffe für die verbotenen Halone wurden andere halogenierte Kohlenwasserstoffverbindungen entwickelt, die allerdings nicht die schädigenden Eigenschaften der Halone aufweisen.

Sie löschen wie die Halone durch Hemmen der Reaktion (homogene Inhibition). Dieses Verfahren erfordert im Gegensatz zum Ersticken durch Inertgase und CO<sub>2</sub> bedeutend weniger Löschmittelvolumen. Zu beachten ist, dass insbesondere bei längeren Vorbrennzeiten der Brandklasse A eine Zersetzung zu giftigen Folgeprodukten möglich bzw. wahrscheinlich ist.

Vor allem folgende Gase werden in stationären Löschanlagen eingesetzt:

- Trifluormethan (Halon 1300, *Trigon*<sup>®</sup>300)
- Pentafluorethan (Halon 2500)
- Heptafluorpropan (Halon 3700, *FM-200*)
- Hexafluorpropan (Halon 3600)
- Chlortetrafluorethan (Halon 2410)
- Nonafluorpentanon (*Novec*<sup>™</sup> 1230)

Tab. 13 gibt einen Überblick der Eigenschaften der am häufigsten verwendeten chemischen Löschgase.

**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** vergleicht die Wirksamkeit verschiedener Löschgase und Wasser. Dabei wird die mit der löschwirksamen Konzentration erreichte Sauerstoffverdrängung betrachtet.

Tab. 13: Vergleich der Eigenschaften von ausgewählten chemischen Löschgasen

		FM-200	TRIGON® 300	Novec™1230
<b>Chem. Formel/ Zusammensetzung</b>		CF <sub>3</sub> CHFCF <sub>3</sub>	CHF <sub>3</sub>	CF <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> C(O)CF(CF <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
<b>Physikalische Eigenschaften</b>	Dichte (0 °C, 1 bar) vgl. Luft: 1,29 kg/m <sup>3</sup>	7,82 kg/m <sup>3</sup>	3,11 kg/m <sup>3</sup>	14,93 kg/m <sup>3</sup>
	Dampfdruck (20 °C)	4 bar	42 bar	0,4 bar
	sonstige	farb- und geruchlos, nicht korrosiv, elektrisch nicht leitend	farblos, leicht ätherischer Geruch, nicht korrosiv, elektrisch nicht leitend	flüssig, farb- und nahezu geruchlos, nicht korrosiv, elektrisch nicht leitend
<b>Lösch-eigenschaften</b>	Löschwirkung	homogene Inhibition	homogene Inhibition	homogene Inhibition
	Brandklassen	A, B	A, B	A, B
	Löschkonzentration für Heptan	ca. 6,5 Vol.-%	ca. 12,5 Vol.-%	ca. 6 Vol.-%
<b>Personenschutz und Gesundheit</b>	Sauerstoffverdrängung	nein	nein	nein
	Toxizität	nicht toxisch bei Konz. bis 10,5 %	nicht toxisch in löschwirksamer Konzentration	nicht toxisch in löschwirksamer Konzentration
<b>Umweltaspekte</b>	ODP	0	0	0
	GWP	2.900	11.700	1
	ATL	36,5	243	0,014
<b>Bevorratung</b>		Gasflaschen mit N <sub>2</sub> -Druckpolster, 25-40 bar	Gasflaschen, 42 bar	Gasflaschen mit N <sub>2</sub> -Druckpolster, 42 bar
<b>Zersetzungsprodukte</b>		in Flammen und an heißen Oberflächen (>400 °C) Zerfall in giftige, ätzende, korrosive Produkte, u.a. HF, COF <sub>2</sub> , CO		

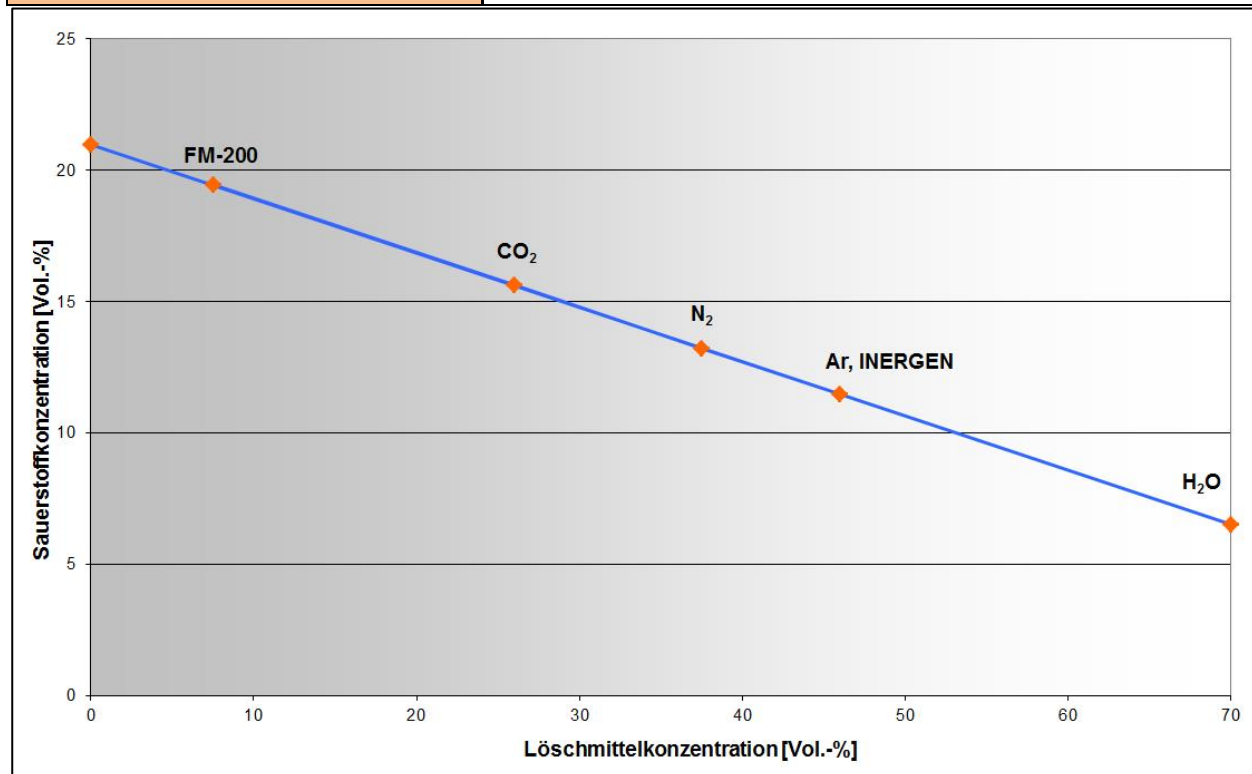


Abb. 6: Wirksamkeit von Löschgasen

Quelle: eigene Darstellung

## 8.4 Mizellen-Einkapselungs-Löschmittel

Die Wirksubstanz in Löschmitteln, wie z. B. F-500, ist ein amphiphatisches Molekül (Tensid). Dieses Tensid ist ein Molekül mit einem polaren (hydrophilen) und einem unpolaren (hydrophoben) Molekülteil. Oberhalb einer kritischen Konzentration ordnen sich die Tensidmoleküle in Wasser zu kleinen Tröpfchen, die Mizellen genannt werden.

Die polaren, wasserliebenden Enden der Tensidmoleküle werden von Wasser umhüllt, während die unpolaren Enden sich im Inneren dieser Tröpfchen anordnen. Tenside können so als Emulgatoren dazu benutzt werden, zwei nicht miteinander mischbare Flüssigkeiten, z. B. Benzin in Wasser, mittels intensiver Vermischung in eine Emulsion zu überführen. In der Emulsion umhüllen die Tensidmoleküle der Mizellen die Benzintröpfchen und halten diese in der wässrigen Umgebung in der Schwebe. Das Tensid in den mizellenbildenden Löschmitteln reduziert ferner die Oberflächenspannung des Wassers.

## 8.5 Löschgranulat

Löschgranulate, wie z. B. PyroBubbles, sind zertifizierte Löschmittel für feste und flüssige brennbare Stoffe sowie für Metall- und Fettbrände. Das Hohlglasgranulat wird der Baustoffklasse A1 zugeordnet und auch im präventiven Brandschutz, z. B. in Form von Platten oder zum Verfüllen von Hohlräumen eingesetzt. Das Granulat besitzt eine geringe Dichte, Hauptbestandteil ist Siliciumdioxid, die Korngröße beträgt 0,5 - 5 mm. Das Granulat eignet sich auch zum Löschen von problematischen Brandlasten wie Leichtmetall- und Thermitbränden.

Die Hauptlöschwirkung ist das Ersticken. Die Zufuhr von Sauerstoff für den Verbrennungsprozess wird unterbunden und zusammen mit der sehr geringen Wärmeleitfähigkeit des Hohlglases wird eine Brandausbreitung verhindert. Bei hohen Verbrennungstemperaturen (z. B. Metallbrände) bildet sich eine geschmolzene Schicht, die bewirkt, dass der brennbare Stoff vollständig vom Luftsauerstoff getrennt wird.

## 9 Quellenverzeichnis

1. Hessische Landesfeuerwehrschule  
Abb. 1, Abb. 3 bis Abb. 6  
Tab. 2, 5, 9, 12, 13
2. <http://www.lehrer-online.de/572541.php>  
Tab. 1
3. DIN EN 15182-2  
Abb. 2
4. G. Rodewald / A. Rempe, „Feuerlöschmittel“  
Tab. 3, 9
5. DIN VDE 0132  
Tab. 4, 8, 10
6. Feuerwehr Magazin, Sonderheft „Brandbekämpfung mit Schaum“  
Abb. 3, 5  
Tab. 6, 7
7. Dr. Sthamer  
Abb. 4
8. K. Klingsohr, „Verbrennen und Löschen“  
Tab. 9
9. Gloria  
Tab. 11