ÖBFV Fachschrift Nr. 20

E. Eishold / J. Meyer

Die Löschmittel

Entwicklung

Wirkung

Einsatz

E. Eishold / J. Meyer

Die Löschmittel

Entwicklung

Wirkung

Einsatz

Wasser – Schaum – Pulver – Gase

ÖBFV

Verlag Schweiz. Feuerwehr-Kalender, 3001 Bern

Des Menschen Seele
Gleicht dem Wasser:
Vom Himmel kommt es,
Zum Himmel steigt es,
Und wieder nieder
Zur Erde muss es,
Ewig wechselnd.
J. W. Goethe

4., überarbeitete Auflage, 1997

Alle Rechte, auch die der fotomechanischen Wiedergabe und Nutzung in Video usw., vorbehalten.

Änderungen vorbehalten.

© 1997 Verlag Schweiz. Feuerwehr-Kalender, 3001 Bern

Printed in Switzerland

Vorwort

In den Ausgaben 1987 bis 1990 des Schweiz. Feuerwehrkalenders wurden die Löschmittel

WASSER – SCHAUM – PULVER – GASE

im Sinne ihrer geschichtlichen *Entwicklung, Wirkung* in physikalischer und chemischer Hinsicht, als Schnellinformation, Leitfaden (Vademecum) über den *Einsatz* in leichtverständlicher Form *für den Praktiker* behandelt.

Aufgrund zahlreicher Anregungen hat sich unser Verlag entschlossen, das vorliegende Handbuch *«Die Löschmittel»* als Zusammenfassung herauszugeben. Dieses Fachbuch wird dem im aktiven Brandschutz tätigen Feuerwehrangehörigen zum Selbststudium, dem Geräteführer, Sicherheitsbeauftragten und Ausbildner zur Vorbereitung und Durchführung von Theoriestunden dienen.

Um dem Vortragenden das Erstellen von Folien zu ermöglichen und ihm damit seine Aufgabe zu erleichtern, wurden ein grösseres Format und ein Spiraleinband gewählt.

Im entsprechenden ABC-Leitfaden sind die wesentlichen Eigenschaften der die Löschmittel zusammengefasst. Diese können als Faustregel dienen und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Neben den Autoren Ernst Eishold, Jakob Meyer haben René Habersaat und Hans Bürgi an dieser Ausgabe mitgearbeitet.

Die technische Überarbeitung der vorliegenden Neuauflage erfolgte durch Eugen Hess, Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen, Bern (VKF).

Eine erfolgreiche Brandbekämpfung setzt viel Wissen und Erfahrung über die Anwendung und Wirkung der Löschmittel voraus. Diese Schrift soll dazu beitragen, sich das elementare Fachwissen anzueignen, um Brände erfolgreich zu bekämpfen.

Bestehende Normen, Vorschriften und Richtlinien über die Löschmittel werden mit dieser Schrift nicht tangiert. Wer sich noch tiefer in diese Materie einarbeiten möchte, den verweisen wir auf die entsprechende Fachliteratur.

Wir danken allen Mitarbeitern, die diese Ausgabe ermöglichten, und hoffen, dieses Fachbuch könne einem grossen Kreis zugänglich gemacht werden.

Der Verlag

Inhaltsverzeichnis

Vorwort 3
Stichwortverzeichnis 9

Löschmittel: Wasser

Einführung 15
Geschichtliche Entwicklung der Wasserlöschgeräte 16
Der Kreislauf des Wassers in der Natur 21

Das Wasser-ABC (Vademecum) 23

Die Löschwirkung 23
Vor- und Nachteile des Wassers als Löschmittel 25
Brandbekämpfung mit Strahlrohren 27
Das Löschwasser in stationären Anlagen 30
Anwendungsmöglichkeiten für Löschwasser (Nasslöschverfahren) . 34
Rückstosskraft des Wasser-Vollstrahls 35
Tabellen: Wasserlieferung, Rückstosskraft, Wurfweiten 37
Brände in elektrischen Anlagen 39
Brandklassen / Eignung der Löschmittel 14

Löschmittel: Schaum

Einführung 43
Geschichtliche Entwicklung 44

Das Schaum-ABC (Vademecum) 51

Grundsätzliches 51
Wasserqualität 52
Verschäumungszahl 52
Einteilung in Schaumbereiche / Schaummittel 54
Einsatzbereiche der Schaummittel 55
Anwendung der Löschschäume 57
Methoden der Schaumaufbringung 59
Umweltgerechte Verwendung von Schaum 60
Vorratshaltung und Lagerung der Schaummittel 60
Brandklassen / Eignung der Löschmittel 14

Löschmittel: Pulver

Einführung 67
Geschichtliche Entwicklung 67
Feuerlöscher richtig bedienen 69
Feuerlöscher richtig einsetzen 70

Das Pulver-ABC (Vademecum) 71

Die Trockenlöschverfahren 71
Die Brandklassen 71
Die Löschpulver-Arten 71
Die Schüttmassen (Deckmaterial) 72
Löschwirksame Korngrössen 72
Förderfähigkeit der Löschpulver 73
Schaumverträglichkeit der Löschpulver 73
Löscheffekte der Löschpulver 74
Löscheffekte der Schüttmassen (Deckmaterial) 75
Auswahl der Löschpulver nach einsatztaktischen Gesichtspunkten . 77
Bemessung der Löschpulvermengen 78
Allgemein übliche Leistung von Löschpulverdüsen 78
Treibgase für Löschpulver 78
Vor- und Nachteile der Löschpulver 79
Faustregeln für den Einsatz 79
Brandklassen / Eignung der Löschmittel 14

Löschmittel: Gase, Halone und CO_2

Einführung 83
Geschichtliche Entwicklung 83

Das Löschgas-ABC (Vademecum) 87

Grundsätze 87
Die Löschwirkung von CO_2 (rückstandsfreies Löschmittel) 88
Brände der Brandklasse D (brennbare Metalle) 89
CO_2-Einsatzgeräte 89
Mindestmengen CO_2 91
Besonderheiten beim Einsatz von CO_2. 91
Toxische Wirkung von CO_2 92
Einsatzregeln 94

Anwendung von CO_2 95
Halone (halogenierte Kohlenwasserstoffe) 96
Die Löschwirkung der Halone 98
Brandklassen-Eignung der Halone 98
Gefahren durch Pyrolyseprodukte (Zersetzungsprodukte) 100
Einsatzregeln 101
Das Löschprinzip 104
Das Löschmittel Halon und die Umwelt 105

Literaturverzeichnis 107
Brandklassen / Eignung der Löschmittel 14

ÖBFV

Stichwortverzeichnis

Löschmittel: Wasser . . . . . Seite

Brandklassen / Eignung der Löschmittel 14
Chemische Eigenschaften 23
Dampfspritze 17
Dichte 23
Elektrische Anlagen 39
Elektro-Dienstreglement (SFV) 39
Elektrische Leitfähigkeit 39
Elektromotorantrieb 19
Feuerlöscher-Bedienung / -Einsatz 69/70
Gefrierpunkt 23
Gelenkspritze 16
Geschichtliche Entwicklung 16
Handdruckspritze 17
Handspritzen 16
Hochdruck 28/34
Kleinlöschgeräte 35
Kolbenpumpe 16
Korrosionen 26
Kühlwirkung 24
Löschprinzip 23
Mehrzweckrohr 29
Netzmittel 24/35
Normaldruck 34
Physikalische Eigenschaften 23
Physiologische Eigenschaften 23
Reaktion Vollstrahl (Rückstosskraft) 35
Reaktionen (chemisch) 25
Rückstosskraft am Strahlrohr 35
Siedepunkt 23
Spezifische Wärmekapazität 24
Sprinkleranlagen 31
Sprühstrahl 28/34
Stationäre Löschanlagen 30
Strahlrohrführer (Rohrführer) 35
Tragbare Motorspritzen 19
Verbrennungsmotor 17
Verdampfung (Wasserdampf) 24
Verdampfungswärme 24
Vierradmotorspritzen 19

Vollstrahl . . . 27/34
Wärmeaufnahmevermögen . . . 24
Wärmemenge . . . 24
Wasserlieferung von Strahlrohren . . . 37
Wassernebel . . . 28
Wasserstrahl . . . 27
Wasserwerfer . . . 28
«Wenderohr» . . . 16
Windkessel . . . 16
Wurfweiten von Wasserstrahlen . . . 38
Zentrifugalpumpe (Kreiselpumpe) . . . 17
Zerteilungsgrad . . . 24
Zusätze . . . 24

Löschmittel: Schaum

Abbrandwiderstand . . . 46
AFFF (AqueousFilmFormingFoam) . . . 48
Alkoholbeständiger Schaum . . . 48/56
Brandklassen / Eignung der Löschmittel . . . 14
Chemischer Schaum . . . 44
Dämmeffekt . . . 46
Dampfdichtheit . . . 46
Deckeffekt . . . 46
Dreifacher Brandschutz . . . 48
Durchflussmenge . . . 62
Einsatz der Schaummittel . . . 55
Eiweiss-Schaum (Protein) . . . 44/54
Elektrische Leitfähigkeit . . . 57
Elektrodienst-Reglement (SFV) . . . 39
Feuerlöscher-Bedienung / -Einsatz . . . 69/70
Filmbildendes Schaummittel (AFFF) . . . 55
Fliessfähigkeit . . . 46
Fluor-Protein-Schaum . . . 56
Geschichtliche Entwicklung . . . 44
Kühleffekt . . . 43
Lagerung . . . 60
Leichtschaum . . . 54/57
Leichtschaumverfahren (HI-EX) . . . 44
«Light-Water» . . . 48
Löschprinzip . . . 46
Löschwirkung . . . 43
Kombinierter Einsatz (Pulver-Schaum) . . . 48
Mehrbereichsschaummittel (synthetisch) . . . 48

Mittelschaum . . . 54/57
Mobiler Schaumeinsatz . . . 59
Ortsfeste Schaumlöschanlagen . . . 59
Rückzündungen . . . 56
Schaumdichte . . . 52
Schaummenge . . . 52
Schaumrohre . . . 48
Schaumwerfer (Monitore) . . . 48
Schwerschaum . . . 44/54/55/57
Spezifischer Wassergehalt des Schaumes . . . 52
Stationäre Schaumlöschanlage . . . 47
Stickeffekt . . . 43
Synthetische Schaummittel . . . 48
Tanklöschfahrzeuge TLF . . . 48
Trenneffekt . . . 46
Umweltgerechte Verwendung von Schaum . . . 60
Verdrängungseffekt . . . 46
Verschäumung . . . 52
Verschäumungszahl . . . 52
Vorratshaltung . . . 60
Wasserqualität . . . 52
Zumischer . . . 48

Löschmittel: Pulver

ABC-Pulver . . . 71/77
Antikatalytischer Effekt . . . 75
Auswahl der Löschpulver nach Einsatz-Taktik . . . 77
BC-Pulver . . . 77
Brandklassen / Eignung der Löschmittel . . . 14/71
Dämmeffekt . . . 75
D-Pulver . . . 77
Düsen (Pulvermenge) . . . 78
Elektrische Leitfähigkeit . . . 81
Elektrodienst-Reglement (SFV) . . . 39
Faustregel für den Einsatz . . . 79
Feuerlöscher-Bedienung . . . 69/70
Förderfähigkeit . . . 73
Geschichtliche Entwicklung . . . 67
Korngrössen . . . 72
Löscheffekte der Löschpulver . . . 74
Löschprinzip . . . 104
Löschpulvermenge . . . 78

Pulver-Arten . . . 71
Pulverschlag . . . 81
Pulverwerfer (Monitor) . . . 78
Rückzündung . . . 67/81
Schaumverträglichkeit . . . 73
Schüttmassen . . . 72
Stickeffekt . . . 74
Taktische Grundsätze . . . 81
Treibgase . . . 78
Vor- und Nachteile . . . 79

Löschmittel: Gase

Anwendung der Halone . . . 102
Brandklassen / Eignung der Löschmittel . . . 14
Brandklassen-Eignung der Halone . . . 98
Chemische und physikalische Daten der Halone . . . 99
CO_2-Anwendung . . . 91
CO_2-Einsatz . . . 91
CO_2-Einsatzgeräte . . . 89
Einsatz mit CO_2 . . . 91
Einsatzregeln CO_2 . . . 94
Einsatzregeln (Halone) . . . 101
Einsatztaktik (CO_2) . . . 91
Elektrische Anlagen . . . 94
Elektrodienst-Reglement (SFV) . . . 39
Feuerlöscher-Bedienung . . . 69/70
Fluorierte Kohlenwasserstoffe . . . 83
Geschichtliche Entwicklung . . . 83
Halogenierte Kohlenwasserstoffe . . . 96
Halon 1211 . . . 99
Halon 1301 . . . 99
Inergen . . . 85
Inertgase . . . 84
Kälteschock . . . 90/91
Kohlenstoffdioxid (CO_2) . . . 88
Löschgasverfahren . . . 87
Löschprinzip der Gase . . . 104
Löschwirkung (CO_2) . . . 88
Löschwirkung der Halone . . . 98
Metallbrände (CO_2) . . . 89/93
Mindestmenge (CO_2) . . . 90
Physikalische Daten (CO_2) . . . 89
Pirolyseprodukte der Halone . . . 100

Schneerohr . . . 87/91
Stationäre CO_2-Anlagen . . . 84
Stationäre Halon-Anlagen . . . 84
Tetra . . . 83
Toxische Wirkung (CO_2) . . . 92
Umwelt (Halone) . . . 105
Zersetzungsprodukte der Halone . . . 98

ÖBFV

Brandklassen

Es werden folgende Brandklassen unterschieden:

Brand-klasse	Symbol	Brandstoff	Erscheinungsbild	Beispiele
A		feste, nichtschmelzende Stoffe	Glut und Flammen	Holz, Papier, Textilien, Kohle, nichtschmelzende Kunststoffe
B		Flüssigkeiten, schmelzende feste Stoffe	Flammen	Lösungsmittel, Öle Wachse, schmelzende Kunststoffe
C		Gase	Flammen	Propan, Butan, Acetylen
D		Metalle	Glut	Natrium, Magnesium
E		A-, B-, C- oder D-Stoffe an unter Spannung stehenden elektrischen Einrichtungen	Glut und Flammen	Motoren, Schalt- und Verteilanlagen, elektronische Einrichtungen

Eignung der Löschmittel

Löschmittel	Brandklassen				
	A	B	C [1]	D	E [2]
Wasser (Vollstrahl)	++	–	–	!	–
Wasser (Sprühstrahl)	++	±	–	!	±
Schaum	+	+	–	!	–
AB-Pulver	+	+	+	!	±
B-Pulver	–	++	++	!	+
D-Pulver	–	–	–	++	–
Kohlendioxid (CO_2)	–	+	±	!	++
Halone	±	+	±	!	+

++ besonders geeignet + geeignet ± beschränkt geeignet – nicht geeignet ! gefährlich

[1] Möglichst durch Unterbrechen der Gaszufuhr löschen, weil unverbrannt ausströmendes Gas mit Luft ein explosives Gemisch bildet; sonst ist das kontrollierte Brennenlassen weniger gefährlich.

[2] Gefahr elektr. Spannung (siehe auch S. 39 – 41)

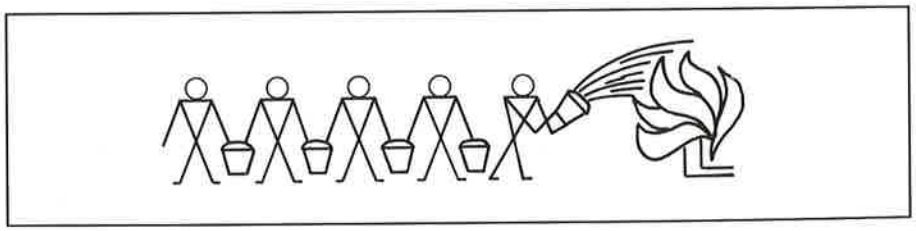
Löschmittel

Einführung

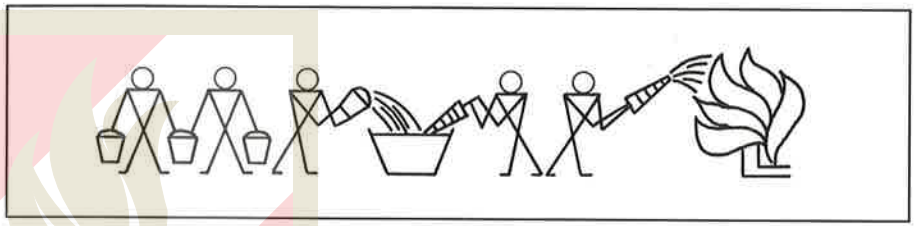
Dem Wasser kommt, trotz zunehmendem Gebrauch von Sonderlöschmitteln, wie Pulver, Schaum und Löschgase, in überwiegender Zahl der Brandfälle nach wie vor eine entscheidende Bedeutung zu.
Das Löschmittel Wasser ist billig, leicht zu befördern, in der Natur vorhanden und nicht zuletzt bestens für Löschzwecke geeignet. Es kann mittels Pumpen und Schläuchen zur Brandstelle herangebracht und es können grosse Wurfweiten und Wurfhöhen erzielt werden.
Sonderlöschmittel, wie Schaum, Pulver und Löschgase, werden zur Bekämpfung von Bränden, die mit Wasser nicht gelöscht werden können, eingesetzt. Diese Sonderlöschmittel haben in unserer Industriegesellschaft einen hohen Stellenwert für besondere Brandarten. Hauptlöschmittel ist und bleibt, auch wirtschaftlich gesehen, das Wasser!
Das Wasser ist der wichtigste Stoff auf unserem Erdball. Etwa 71% der Erdoberfläche werden mit Wasser bedeckt. Fauna und Flora bestehen bis zu 90% aus Wasser. Ohne Wasser wäre das Leben auf der Erde nicht möglich.
Schon vor Jahrtausenden war das Wasser ein Symbol des Lebens, der Fruchtbarkeit. Technische Entwicklung, Verkehr und Wirtschaft wären ohne Wasser überhaupt nicht denkbar. Seit Urzeiten spielt das Wasser zur Brandbekämpfung eine entscheidende Rolle. Jahrtausende liegen zwischen den Menschen, die noch mit Wasser aus primitiven Gefässen ein Feuer zu löschen suchten, und dem Feuerwehrmann unserer Tage, dem modernste Geräte zur Verfügung stehen, um das Wasser als Vollstrahl, Sprühstrahl oder Wassernebel zur Brandbekämpfung einsetzen zu können.

Geschichtliche Entwicklung der Wasserlöschgeräte

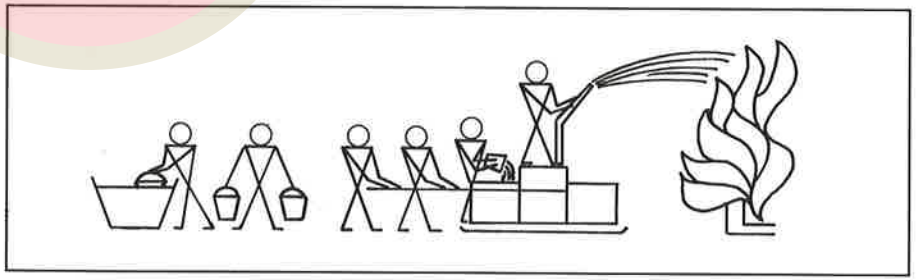
In bezug auf seine chemischen und physikalischen Eigenschaften stellt das Wasser eine unveränderte, konstante Grösse dar. Die Erforschung der Naturgesetze und die damit verbundene technische Entwicklung ermöglichten die Verbesserung des wirksamen Einsatzes: vom Wassereimer bis zum heutigen von leistungsfähigen Pumpen über Schläuche bis zum Rohrführer geförderten Wasser.
In Schriften aus der griechischen und römischen Antike finden wir Berichte über Löschgeräte. 850 vor Christus werden auf einem Alabasterrelief assyrische Krieger, die gegnerische Brandfackeln mit grossen Löffeln mit Wasser löschen, dargestellt. Grundlegend war die Erfindung der zweizylindrigen Kolbenpumpe im 3. Jahrhundert v. Chr. (Ktesibios von Alexandrien). Im 14. und 15. Jahrhundert entstanden einfache Handspritzen (diese fassten 1½–2 Liter), anschliessend die Gelenkspritze (erforderte 2 Mann zur Bedienung).
Im Jahre 1578 wurde als Neuerung in Lyon eine Spritze gebaut, die aus einem Zylinder bestand, dessen Kolben durch eine Spindel und eine Kurbel angetrieben wurde. Die von Hans Hautsch (1655) in Nürnberg gebaute Spritze wurde auf Schlittenkufen fortbewegt und erforderte zu ihrer Bedienung eine grosse Mannschaft. Mit diesem Gerät, auf dem ein drehbares «Wenderohr» befestigt war, konnte vorerst nur stossweise Wasser abgegeben werden. Eine kontinuierliche Wasserabgabe war erst mit dem Ende des 17. Jahrhunderts erfundenen Windkessel möglich. Den um 1673 erstmals eingesetzten, von Jan van der Heyden, Amsterdam, erfundenen Lederschläuchen – der Rohrführer konnte beweglich in näch-



ster Nähe das Feuer bekämpfen – verdanken die Handdruckspritzen die nachfolgende rasche Verbreitung.
Die doppeltwirkende Druckspritze mit 2 Kolben, ohne Saugvorrichtung, wurde etwa 1840 durch die Saug- und Druckspritze abgelöst. Die Wasserförderung zum Rohrführer erfolgte ab etwa 1740 mit Naturfaserschläuchen aus Hanf und Flachs.
Die handbetriebenen Pumpen wurden im Zuge der Entwicklung schrittweise durch den Motor verdrängt. Die erste Dampfspritze mit Pferdezug erschien 1829. Bei der Feuerwehr der Stadt Basel stand eine selbstfahrende Dampfspritze bis 1925 im Einsatz und ist heute im dortigen Feuerwehrmuseum ausgestellt. Der Dampfkraft folgte der Elektro- und später der Verbrennungsmotor als Antriebskraft.

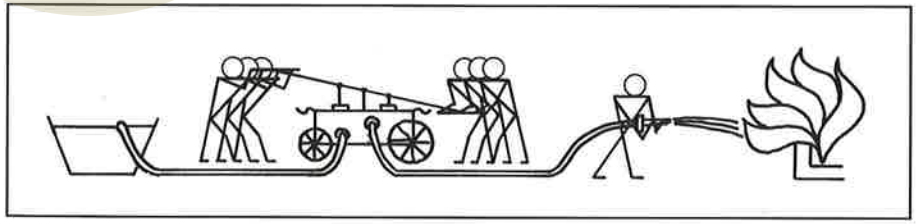


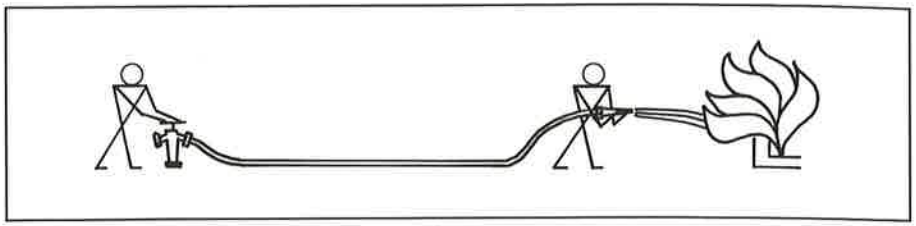
Leonardo da Vinci entwarf bereits 1508 eine Pumpvorrichtung, die auf dem Prinzip der Zentrifugalkraft beruhte. Die Zentrifugalpumpe (Kreiselpumpe) wurde weiter entwickelt und verbessert und verdrängte die hand- und dampfbetriebenen Kolbenpumpen. Der Verbrennungsmotor, der die erforderliche Drehzahl erreichte, ermöglichte die Kreiselpumpe



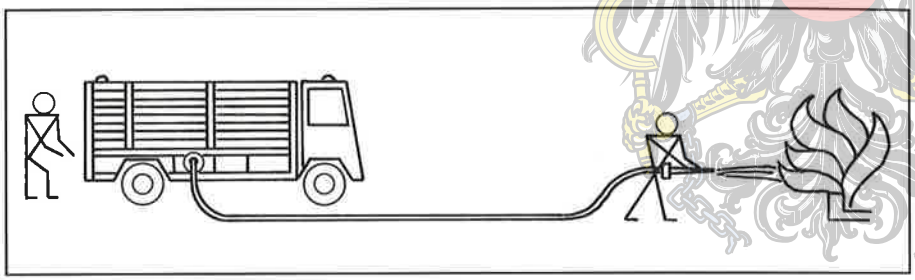
über Zwischengetriebe direkt anzutreiben. Die ersten derartigen Geräte waren noch schwer und wegen der grossen Aussenabmessungen unhandlich. Das traf auch für die Vierradmotorspritzen zu, die vor dem Ersten Weltkrieg – teilweise von Elektromotoren angetrieben – vielerorts eingesetzt wurden. Die ersten abhebbaren und tragbaren Motorspritzen – in der Folge laufend verbessert – erhöhten die Schlagkraft auch der kleineren Feuerwehren.
Die hydraulische Leistung (Wirkungsgrad), die Entlüftungs-

systeme und die Betriebssicherheit haben heute einen beachtlichen Standard erreicht.
Dem Verbrennungsmotor verdanken wir die Motorisierung der Feuerwehren und deren Geräte. Gut ausgebaute Wasserversorgungen mit Hydranten als Löschwasserbezugsorte, Tanklöschfahrzeuge, Mannschafts- und Materialtransporte gewährleisten die den heute bestehenden Risiken entsprechende Brandbekämpfung.
Auf diese Entwicklung wurde bereits in der 1781 erschienenen «Abhandlung über Fürsprützen» mit folgenden Worten treffend hingewiesen:



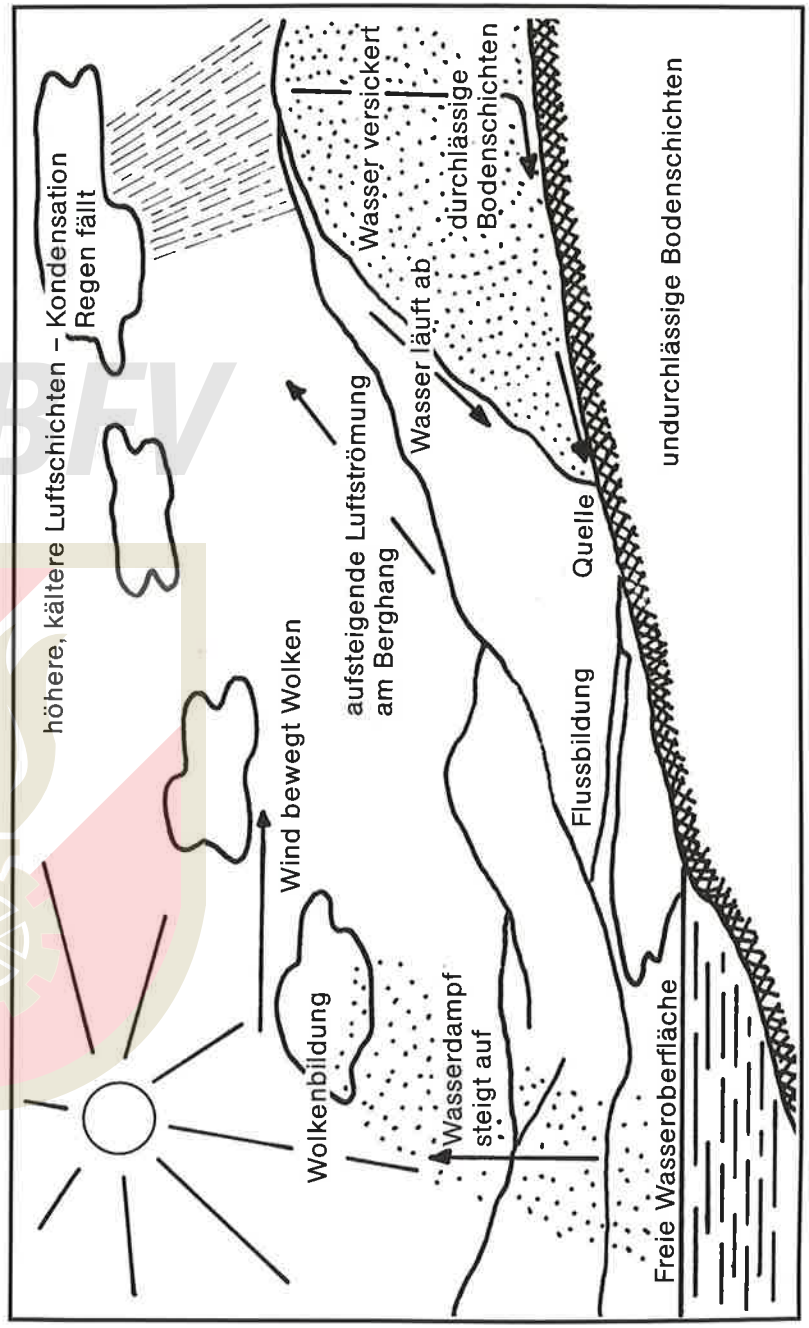


«Dass die Fürsprützen zur Erhaltung des menschlichen Geschlechtes, wie auch Hab und Güter, sehr nothwendige Maschienen, wird niemand in Abrede seyn.
Die Erfindung derselben aber, ist nicht nur ihrer Struktur nach, sondern auch was derselben Nutzen betrifft, den mathematischen und physikalischen Wissenschaften zuzuschreiben; denn ohne diese bey allen Maschienen nichts tüchtiges Zustande gebracht werden kann.»



Der Kreislauf des Wassers in der Natur

Das Prinzip aller Dinge ist das Wasser;
aus Wasser ist alles und ins Wasser kehrt alles zurück.
Thales von Milet



Vademecum

Das Wasser-ABC

Die Löschwirkung

Physikalische Eigenschaften

Dichte 1 kg pro Liter (bei 4 °C); Gefrierpunkt: 0 °C; Siedepunkt: 100 °C (bei 1013 mbar); spezifische Wärmekapazität: 4,187 kJ pro kg und °C; Verdampfungswärme: 2257 kJ pro kg (bei 100 °C und 1013 mbar).

Chemische Eigenschaften

Chemische Formel H_2O. Wasser zerfällt bei 1500 °C zu 0,2%, bei 2000 °C zu 2% und bei 2500 °C zu 9% in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff.

Physiologische Eigenschaften

Geruch- und geschmacklos, ungiftig.
Die ausgezeichnete Löschwirkung des Wassers beruht vor allem auf seinem hohen Wärmeaufnahmevermögen. Dank dieser Eigenschaft absorbiert das auf den Brand gelangende Wasser die Hitze. Durch die entstehende Abkühlung wird dem Brand Energie entzogen, wodurch der Verbrennungsprozess verlangsamt und die weitere Überführung fester oder flüssiger Stoffe in brennbare Gase oder Dämpfe verhindert wird.

Das Wärmeaufnahmevermögen des Wassers ist durch die physikalischen Grössen «spezifische Wärme» und «Verdampfungswärme» bestimmt. So werden zum Aufheizen von 1 l Wasser von 10 °C auf 100 °C und zum anschliessenden vollständigen Verdampfen eine Wärmemenge von rund 2650 kJ (630 kcal) benötigt. Zur Bindung der Wärmemenge, die beispielsweise beim Abbrand von 1 kg Holz frei wird (rund 13,3 MJ), wären somit etwa 6 l Wasser erforderlich.
Wieweit die Kühlwirkung des Wassers tatsächlich ausgenützt werden kann, hängt massgeblich vom *Zerteilungsgrad* des Wasserstrahls ab. Je feiner die einzelnen Tröpfchen sind, desto grösser ist die gesamte Oberfläche einer gegebenen Wassermenge und desto rascher und leichter erfolgt ihre Wärmeaufnahme. Hier gilt es aber zu beachten, dass ein feiner Sprüh- oder Nebelstrahl nur dann seinen Kühleffekt ausüben kann, wenn seine Tröpfchen den Brand (Gluten) erreichen.
Die Forderung bedingt, je nach der vom Brandumfang und den Abmessungen des Brandraumes abhängigen Strahlwurfweite, eine bestimmte Mindestgrösse und Bewegungsenergie der Wasserteilchen.
Bei grösseren Strahlwurfweiten schliesst diese Bedingung leider einen feinen Sprühstrahl aus. Mit dem Vollstrahl lässt sich, wenn erforderlich, eine wesentlich grössere mechanische Wirkung (Durchschlagskraft) bei reduzierter Wärmeaufnahme durch das Löschwasser erzielen.
Neben der *Kühlwirkung* des Wassers kann bei besonderen Verhältnissen eine *beschränkte erstickende Wirkung* durch das verdampfende Wasser auftreten, denn 1 l Wasser ergibt theoretisch 1700 l Wasserdampf. Eine Löschung durch Verdrängung des Luftsauerstoffs ist jedoch trotz des enormen Dampfanfalls in der Regel nicht zu erwarten, weil Wasserdampf – leichter als Luft – zu rasch aus der Glutzone entweicht.
Wasser lässt sich auch mit Zusätzen vermischt anwenden. Dies kommt in Frage, wenn bei nicht benetzbarem oder mischbarem Brandgut die Kühl- oder Löschwirkung des Wassers allein ungenügend wäre (z. B. Wasser + Zusatz = Schaum).

Vorteile und Nachteile des Wassers als Löschmittel

Das Löschmittel Wasser zeichnet sich aus durch seine Vorteile:
- hohe Löschleistung durch Abkühlung und mechanische Wirkungen;
- einfache Handhabung bei Förderung, Transport und Einsatz;
- niedrige Gestehungskosten;
- leichte Beschaffbarkeit in genügender Menge;
- keine korrosiven und toxischen Eigenschaften;
- Wasser eignet sich auch zum Kühlen von Stahlkonstruktionen, Behältern usw., die vom Brand erhitzt werden.

Nachteilige Eigenschaften des Wassers sind:
- Gefrierpunkt bei 0 °C;
- elektrische Leitfähigkeit;
- höheres spezifisches Gewicht als Kohlenwasserstoffe wie Benzin usw.;
- gewisse Stoffe (z. B. Hülsenfrüchte, Körnerfrüchte, dicht gepackte Güter usw.) quellen bei Wasseraufnahme stark auf, so dass die Gefahr des Auseinanderdrückens von Wänden (Bunker, Silos usw.) besteht;
- mögliche gefährliche Reaktionen bei Metallbränden und bei gewissen chemischen Substanzen.

Wasser reagiert auch chemisch
- mit Kalziumkarbid unter Entwicklung von Azetylen;
- mit Natrium und Kalium unter Entwicklung von Wasserstoff (der zusammen mit Luftsauerstoff das explosionsfähige «Knallgas» bildet);
- mit brennenden Leichtmetallen, deren Verbrennung gefördert wird;
- mit ungelöschtem Kalk unter starker Wärmeentwicklung (Gefahr der Zündung anlagernder brennbarer Stoffe);
- mit konzentrierter Schwefelsäure unter starker Wärmeentwicklung (Umherspritzen heisser Säure).

Wasserdampf reagiert chemisch
- mit glühendem Eisen unter Entwicklung von Wasserstoff und Eisenoxid;
- mit glühendem Koks unter Entwicklung von Wasserdampf und Kohlenoxid (Wassergas-Prozess).

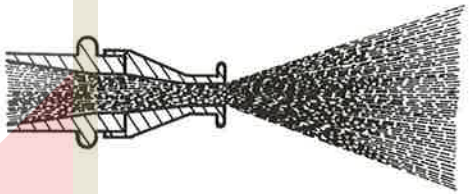
Obschon Wasser selbst nicht zu den korrosionsgefährlichen Löschmitteln zählt, kann es zusammen mit im Brand freigesetzten Stoffen (z. B. Chlorgas) diesbezügliche Schäden an Maschinen, Einrichtungen und Bauten sowie auch im Grundwasser bewirken.

Brandbekämpfung mit Strahlrohren

Der Vollstrahl

Die Vorteile des Vollstrahls sind seine grosse Wurfweite und die beträchtliche Auftreffenergie. Die grosse Wurfweite ist von Vorteil, wenn der Brand einen nahen Einsatz der Löschkräfte verunmöglicht (z. B. Hitzestrahlung, Einsturzgefahr). Die grosse Auftreffkraft erlaubt eine gezielte Wirkung auf bestimmte Stellen eines Brandes, und sie ermöglicht das Eindringen des Wassers durch Spalten und Ritzen in Hohlräume und zu versteckten Glutnestern.
Der Vollstrahl eignet sich infolge seiner weitreichenden Wirkung auch zur Abschirmung gefährdeter Bauteile und Nachbarbauten, zum Beispiel zur Kühlung von brennbaren Fassaden, Dachuntersichten usw.

Löschmittel Wasser: Anwendung



Sprühstrahl

Vorteil:
Schnelle Wärmebindung, geringerer Wasserschaden, Niederschlagen von Gasen und Dämpfen möglich.

Nachteil:
Schlagartige Wasserdampfbildung, geringe Wurfweite.

Vollstrahl

Vorteil:
Tiefenwirkung, grosse Wurfweite.

Nachteil:
Weniger Wärmebindungsvermögen, grösserer Wasserschaden, hoher Wasserbedarf.

Der Sprühstrahl

Bei Sprühstrahlrohren wird durch die Sprüheinrichtung ein Wasserstrahl so zerteilt, dass der mittlere Tropfendurchmesser normalerweise zwischen 0,5 mm und 1,5 mm liegt.
Der Vorteil des Sprühstrahls gegenüber dem Vollstrahl besteht in der grösseren Kühlwirkung, denn die kleinen Wassertröpfchen binden weit grössere Wärmemengen als die geschlossene Wassermenge des Vollstrahls. Der Sprühstrahl löscht damit schneller bei geringerem Wasserverbrauch. Sein Nachteil liegt in der beschränkten Strahlwurfweite, die 5 bis 10 m nicht wesentlich übersteigt. Die beste Löschwirkung wird mit dem Sprühstrahl deshalb bei Bränden in Räumen erzielt.

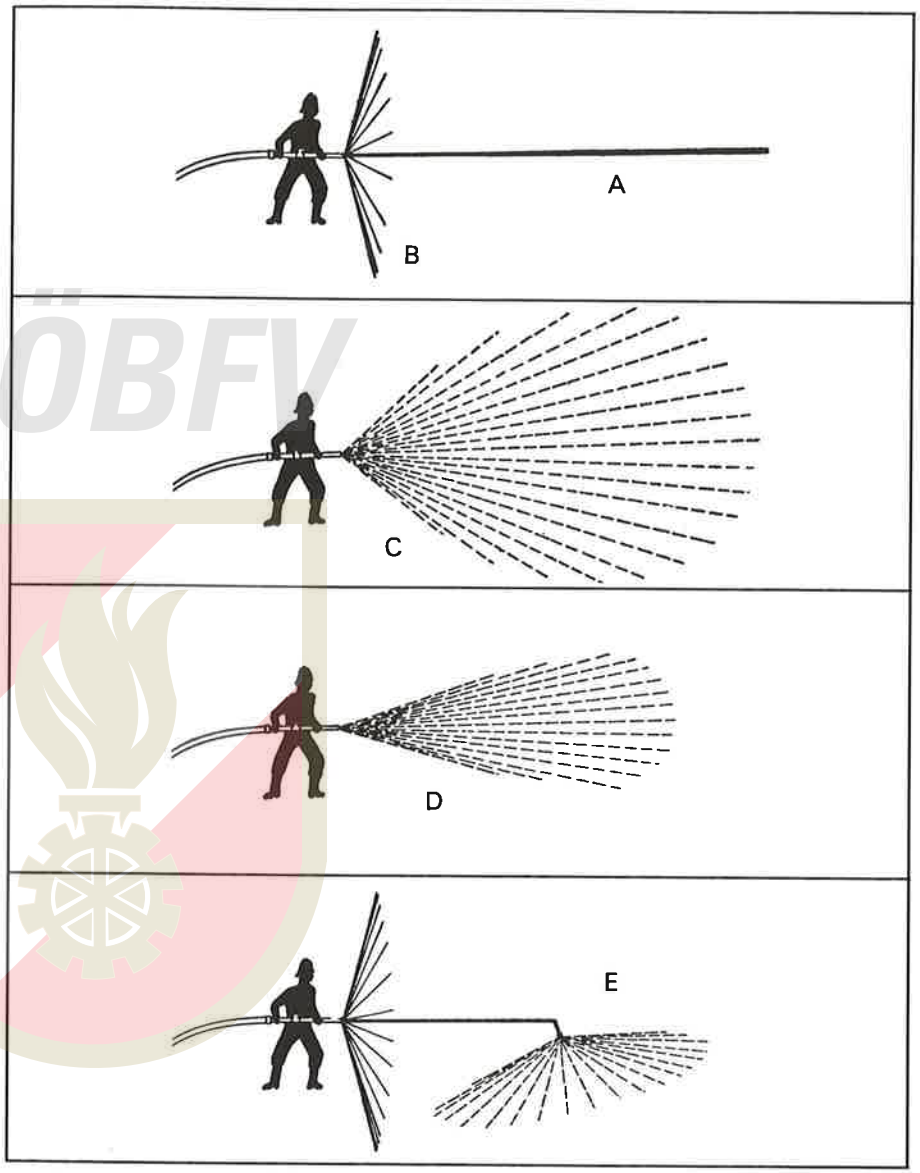
Wassernebel

Als Wassernebel werden Sprühstrahlen mit Tröpfchengrössen wesentlich kleiner als 0,5 mm (Durchschnittsgrösse 0,1 mm und weniger) bezeichnet. Hochdrucknebel, erzielt mit besonderen Düsen und hohen Drücken bis zu 100 bar, werden z. B. in stationären Löschanlagen für den Schutz gegen Flüssigkeitsbrände eingesetzt.
Hochdruckstrahlrohre mit kleinen Düsendurchmessern an Tanklöschfahrzeugen werden auch mit hohen Drücken von 40 und mehr bar eingesetzt. Der hohe Druck bewirkt einen hohen Zerstäubungseffekt mit Tröpfchengrössen von rund 0,1 mm Durchmesser. Dieses Löschverfahren vereinigt weitgehend die Vorteile von Voll- und Sprühstrahl, kann aber diese nicht ersetzen.

Wasserwerfer

Wasserwerfer (Monitore) sind Sonderstrahlrohre mit grossen Düsendurchmessern (D > 20 mm), aufgebaut auf Fahrzeuge, Anhänger oder für die Aufstellung auf dem Boden eingerichtet. Sie benötigen beträchtliche Wassermengen, normalerweise 1600 l/min. oder 2400 l/min. bei 8 bar und in speziellen Fällen bis zu 6000 l/min. Wasserwerfer können deshalb nur dort eingesetzt werden, wo diese Anforderungen erfüllt werden können. Sie werden verwendet, um bei intensivem Brand eine grosse Reichweite und eine gute Löschwirkung zu erzielen.

Mehrzweckrohr



A Vollstrahl · B Mannschutz-Brause · C Grosse Düse für Wassernebel · D Kleine Düse für Wassernebel · E Verlängerungsrohr mit Mannschutz-Brause.

Das Löschwasser in stationären Anlagen

Allgemeines

Stationäre Löschanlagen sind festinstallierte Einrichtungen, die im Brandfall ein geeignetes Löschmittel unmittelbar am Ort des Brandausbruchs zum Einsatz bringen.
Automatisch arbeitende stationäre Löschanlagen werden in der Regel durch eine Brandmeldeanlage angesteuert. Im zu schützenden Raum werden neben der Löschanlage auch automatische Brandmelder (Rauch-, Wärme-, Flammenmelder oder Kombinationen davon) eingesetzt. Neben der Ansteuerung der Löschanlage erfolgt auch automatisch eine Meldung an die öffentliche Feuermeldestelle.

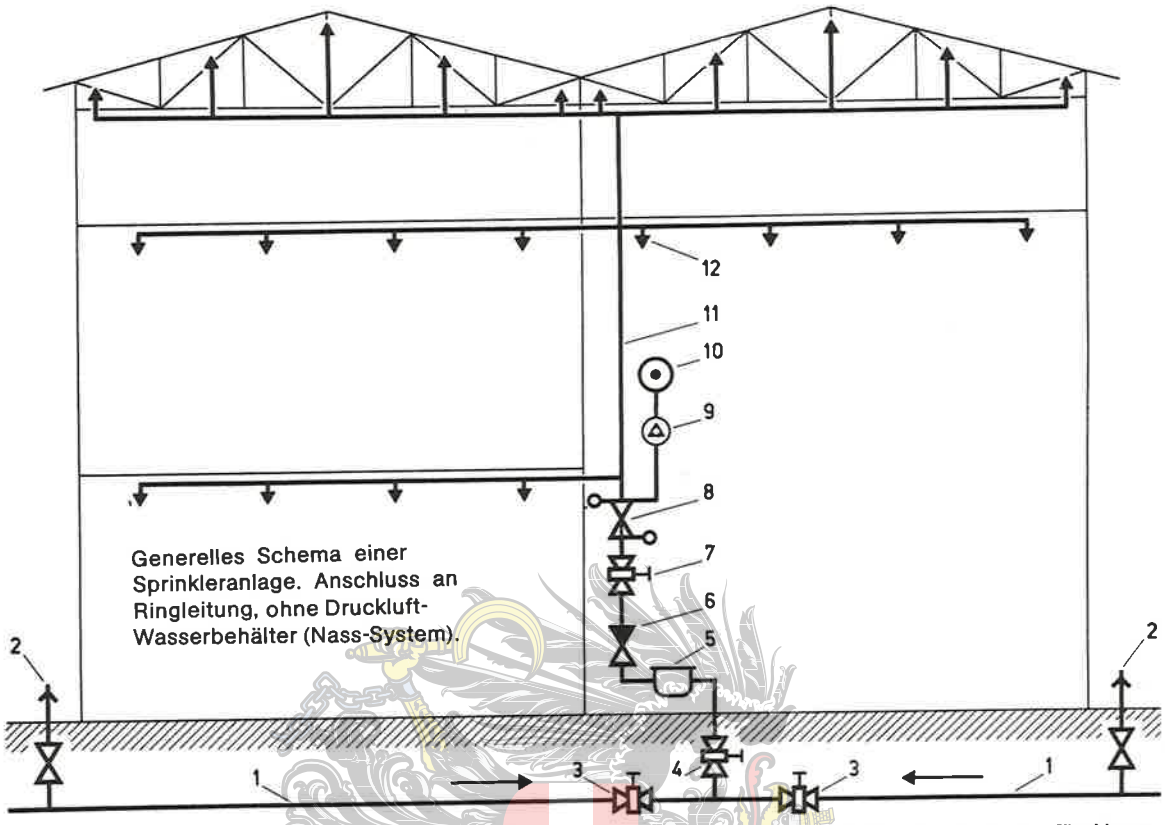
Nichtautomatische stationäre Löschanlagen erfordern zur Auslösung den Entschluss und die entsprechenden Aktionen von instruiertem Personal.

Wasser als Löschmittel für Anlagen

Grundsätzlich können alle bekannten Löschmittel durch stationäre Anlagen zum Einsatz kommen. Die beiden Anlagearten mit verschiedenen Wirkungsweisen und Einsatzgebieten sind Sprinkleranlagen und Sprühwasser- bzw. Deluge-Anlagen. Bei den *Sprinkleranlagen* öffnen sich durch die Brandhitze nur die im Brandbereich gelegenen verschlossenen Düsen. Bei den *Sprühwasseranlagen* wird das Wasser offenen Düsen sektorenweise zugeführt, wobei automatisch gesteuerte Anlagen dieser Art auch als *Deluge-Systeme* bezeichnet werden. Sprühwasser-Anlagen gelangen wegen des grossen Wasserbedarfs heute nur noch in wenigen Spezialfällen zur Anwendung, und zwar dort, wo die Gefahr einer sehr raschen horizontalen Brandausbreitung besteht. In den übrigen Fällen werden Sprinkleranlagen mit dem örtlich begrenzten Löschmitteleinsatz vorgezogen.

Aufbau und Wirkungsweise von Sprinkleranlagen

(siehe Skizze Seite 32)
Sprinkleranlagen bestehen im wesentlichen aus einem an den Decken der geschützten Räume festmontierten Rohrnetz, welches die in bestimmten Abständen angeordneten Sprinkler mit Löschwasser versorgt.
Im Brandfall treten normalerweise ein einzelner oder einige wenige dem Brandherd am nächsten gelegene Sprinkler in Aktion. Weiter entfernt liegende öffnen sich nur bei einem anfänglich sehr rasch sich entwickelnden Brand oder bei sehr starker Hitzeproduktion. Die Rohrnetze werden aus dem letztgenannten Grund mit einer verhältnismässig hohen Sicherheit derart hydraulisch berechnet, dass im Extremfall eine grosse Zahl von Sprinklern – je nach der Brandgefährdung im geschützten Raum – mit Löschwasser unter genügend Druck versorgt werden können.



Generelles Schema einer Sprinkleranlage. Anschluss an Ringleitung, ohne Druckluft-Wasserbehälter (Nass-System).

1 Wasserversorgung (Hauptleitung)
2 Aussenhydrant
3 Absperrschieber (nur bei Ringleitung)
4 Hauptschieber Wasserversorgung
5 Steinfänger
6 Rückschlagventil
7 Hauptschieber
8 Nass-Alarmventil
9 Elektrischer Druckschalter für Alarm
10 Hydraulische Alarmglocke
11 Steig- oder Falleitung
12 Sprinkler

Beim Ansprechen des ersten Sprinklers wird automatisch Alarm ausgelöst. Eine Sprinkleranlage erfüllt somit auch die Aufgabe einer auf Wärme reagierenden selbsttätigen Brandmeldeanlage.

Das Wasser

Alt – aber gut, billig und auch vielseitig, wenn mit richtigen Methoden angewendet, im mobilen Löscheinsatz!
1 Liter Wasser verbraucht bei der Umwandlung in Wasserdampf eine Wärmemenge von 2,675 Megajoule = 2 675 000 Joule! – Diese grosse Wärmeaufnahmefähigkeit wird die «Enthalpie» des Wassers genannt.

Wenn auf diese Weise ausreichend Löschwasser auf dem Brandherd und in dessen unmittelbarer Umgebung zur Verdampfung gebracht werden kann, steht nicht mehr genug Wärmemenge zur Aufrechterhaltung des Brandes zur Verfügung.
Die Wärmeaufnahmefähigkeit des Wassers bewirkt den Kühleffekt!

Die Geschicklichkeit der Feuerwehrmänner an den Strahlrohren ist entscheidend für den Löscherfolg!

Löschen und Kühlen heisst, möglichst viel Wasser zur Verdampfung zu bringen!

Beim Einsatz von Wasser innerhalb des Gebäudes ist aber auf die Gefahr möglicher Wasserschäden Rücksicht zu nehmen.

Die Anwendungsmöglichkeiten für Löschwasser (Nasslöschverfahren)

Normaldruck		Hochdruck
	Sprühstrahlen	
• Innenbrände • Berieselung • Netzmitteleinsatz	**Brandklasse A**	• Innenbrände • Feuchthalten • Netzmitteleinsatz
• Schaum erzeugen	**Brandklasse B**	• Schaum erzeugen • kleine Flammenbrände löschen
• Gasschwaden aufwirbeln	**Brandklasse C**	• Gaswolken niederschlagen
	Vollstrahlen	
• Überwindung von Höhe und Entfernung • Durchschlagen des Dampfpolsters • Verbesserung der Eindringtiefe des Löschwassers • Kühlung metallischer Oberflächen • Abschlagen von Gasflammen • Verdünnen mit Wasser mischbarer, brennbarer Flüssigkeiten		• Löschen von Glutnestern • Durchschlagen des Dampfpolsters • Verbesserung der Eindringtiefe des Löschwassers • Löschen tiefsitzender Brände • Abschlagen kleiner Gasflammen • Umwälzen brennbarer Flüssigkeiten mit Flammpunkt unter 100 °C

Netzmittelzusatz	Verbesserung der Eindringtiefe beim Löschen brennender, poröser Brandstoffe mit geringer Permeabilität.
Wasser-Kleinlöschgeräte	Löschen von Kleinbränden mit Eimerspritzen oder Handfeuerlöschern (Nasslöschern).
Flutwasser	Fluten von Rohrleitungen, Schächten, Kanälen und Kellern. Löschen brennbarer Flüssigkeiten, die schwerer sind als Wasser, durch Überfluten. Anheben brennbarer Flüssigkeiten, die leichter sind als Wasser, über Leckstellen (z. B. bei Fliessbränden).

Die Rückstosskraft das Wasser-Vollstrahls

Die Reaktion lässt sich nach der Faustformel:

$$R = 0{,}015 \cdot d^2 \cdot p$$

berechnen.
R = Rückstosskraft (N)
d = Mundstückdurchmesser (mm)
p = Druck am Mundstück (bar)

Der Wasserstrahl bewirkt beim Austritt aus der Düse eine auf das Strahlrohr rückwärts gerichtete Kraft, die Rückstosskraft oder Reaktion genannt wird. Diese Rückkraft R ist proportional zum Wasserdurchfluss Q und der Austrittsgeschwindigkeit des Wassers und damit auch zum Durchmesser d und dem Druck p an der Düse.
Siehe Tabelle Seite 38.
Die Feuerwehrmänner an den Strahlrohren und die mobilen Wasserwerfer haben grosse Rückstosskräfte aufzunehmen;

dazu kommen die grosse Hitzebelastung sowie die psychische Belastung bei gefährlichen Einsätzen. Dieser Beanspruchung kann nicht über längere Dauer unfallfrei standgehalten werden. Der rechtzeitigen Ablösung der Feuerwehrmänner an den Strahlrohren kommt deshalb besondere Bedeutung zu!

Ruhe, Besonnenheit und geistige Wendigkeit sind die erforderlichen Eigenschaften eines guten Strahlrohrführers!

Ebenso wichtig ist die Kenntnis der Wirkung der verschiedenen Arten von Wasserstrahlen (Mehrzweckrohre).

Während der Löschaktion sind die Art des Wasserstrahles und der Wasserdruck laufend den Verhältnissen an der Brandstelle anzupassen!

Wasserlieferung von Strahlrohren

Wasserlieferung von Strahlrohren in l/min												
Druck p	Mundstück ∅ in mm											
In bar	*4*	*6*	*8*	*10*	*12*	*14*	*16*	*20*	*25*	*30*	*40*	*50*
1,5	12,5	28	50	78	112	153	200	313	488	700	1250	1950
2,0	14,5	32,5	58	90	130	177	231	361	565	813	1435	2250
2,5	16	36,5	65	101	145	198	258	404	631	909	1610	2516
3,0	17,5	40	70	110	159	217	278	442	691	995	1765	2768
3,5	19	43	76	119	172	234	306	478	748	1075	1905	3000
4,0	20,5	46	82	127	184	250	327	511	800	1150	2045	3216
4,5	22	49	87	135	195	266	347	542	848	1220	2170	3416
5,0	23	51,5	91	143	206	280	360	572	894	1285	2280	3600
5,5	24	54	96	150	216	294	384	600	937	1350	2400	3768
6,0	25	56,5	100	156	226	307	402	627	980	1410	2500	3933
6,5	26	59	104	163	235	320	417	652	1020	1468	2610	4100
7,0	27	61	108	169	244	332	434	677	1056	1520	2700	4250
7,5	28	63,5	112	175	252	343	448	700	1095	1575	2800	4400
8,0	29	65,5	116	181	262	355	464	724	1130	1626	2890	4550
8,5	30	67	119	186	268	368	477	746	1165	1678	2985	4700
9,0	30,5	69	123	192	277	377	492	768	1200	1725	3065	4833
9,5	31,5	71	126	197	284	387	505	790	1230	1770	3155	4966
10,0	32,5	73	129	202	291	396	517	808	1265	1820	3235	5083
11,0	34	76	135	212	305	410	544	850	1325	1905	3385	
12,0	35,5	80	142	221	319	434	567	885	1382	1990	3530	
13,0	37	83	148	230	332	452	590	922	1440	2075	3690	
14,0	38	86	153	239	344	468	613	957	1495	2150	3830	
15,0	39,5	89	158	247	357	485	634	990	1545	2215	3960	
16,0	40	92	164	255	368	501	654	1022	1597	2300		
17,0	42	95	168	263	379	516	674	1052	1646	2370		
18,0	43	98	173	271	391	532	695	1084	1694	2440		
19,0	44	100	178	278	402	546	714	1115	1740	2506		
20,0	45	103	183	285	412	561	733	1145	1785	2570		
21,0	46	105	187	292	421	575	751	1173	1830			
22,0	47	108	191	299	430	588	768	1200	1873			

Die Tabellen sind dem Fachbuch «Grundschule im Feuerwehrdienst», Ausgabe 1996, des Schweiz. Feuerwehrverbandes entnommen.

Rückstosskraft am Strahlrohr

Rückstosskraft am Strahlrohr in N (Newton)												
Druck-höhe am Strahl-rohr in bar	Mundstückdurchmesser in mm											
	4	*6*	*8*	*10*	*12*	*14*	*16*	*20*	*25*	*30*	*40*	*50*
3,0	7	16	28	44	64	87	115	175	275	395	710	1100
4,0	10	21	38	59	85	115	150	235	370	530	940	1500
5,0	12	26	47	74	110	145	190	295	460	660	1200	1900
6,0	14	32	57	88	130	170	225	355	550	795	1400	2250
7,0	16	37	66	100	150	200	265	410	645	925	1650	2600
8,0	19	42	75	120	170	240	300	470	735	1060	1900	3000
9,0	21	48	85	130	190	260	340	530	830	1190	2100	3300
10,0	24	53	94	150	220	290	380	590	920	1300	2400	3700
11,0	26	59	105	165	235	320	420	660	1030	1480	2600	4000
12,0	28	64	115	180	260	350	460	720	1100	1600	2900	4500
												1 N ≅ 0,1 kg

Wurfweiten

Wurfweiten von Wasserstrahlen für Anstellwinkel ß = 32°												
Druck-höhe am Strahl-rohr in bar	Mundstückdurchmesser in mm											
	4	*6*	*8*	*10*	*12*	*14*	*16*	*20*	*25*	*30*	*40*	*50*
3,0	13	16	19	22	23	24	26	28	30	33	35	37
3,5	14	16	20	23	24	25	27	29	32	36	39	43
4,0	14	17	21	24	25	26	28	31	35	40	43	48
4,5	13	17	22	25	26	27	29	32	37	43	46	54
5,0	12	17	22	26	27	28	30	34	40	46	50	60
6,0		16	23	27	29	30	32	37	44	52	56	70
7,0			22	28	32	33	35	40	47	56	61	80
8,0			22	28	33	34	38	43	50	60	66	88
9,0				28	34	35	40	45	53	64	70	96
10,0				27	34	36	41	47	55	67	72	103
11,0				26	33	35	42	48	58	70	75	110
12,0					33	35	42	49	60	72	77	117
Die Wurfhöhen betragen rund 75% obiger Tabellenwerte für maximale Wurfweiten (ß ≅ 32°).												

Brände in elektrischen Anlagen

In elektrischen Anlagen und bei unter Spannung stehenden Einrichtungen ist beim Einsatz der teilweise leitenden Löschmittel grösste Vorsicht geboten.
Wir verweisen auf die einschlägigen Vorschriften aus dem

Reglement für den Elektro-Dienst des SFV (Nr. 01.06d) (Auszug):

Die Gefahren der Elektrizität

Allgemeines
Grundsätzliche Forderung:

Vor jeder Löschaktion sind elektrische Anlagen, die eine Gefahr bedeuten, spannungslos zu machen.

Spritzen in der Nähe von Leitungen und elektrischen Anlagen
Gefahrenmomente:
- Nichteinhalten der Minimaldistanzen
- Freileitungsdrähte können reissen und zu Boden fallen
- Beim Abbrand der Isolation schalten Schutzelemente nicht immer aus
- Gebäudeteile können unter Spannung geraten:
  Beim Bespritzen werden nichtleitende Teile leitend, wie Beton, Mauerwerk, Holz
  Leitfähige Teile wie Eisenkonstruktionen, Rohrleitungen können Spannungen «verschleppen»

Löschmittel und ihre nachteiligen Wirkungen

In elektrischen Anlagen:

- Wasser: Isolationsfehler
- Luftschaum: Isolationsfehler
- Löschpulver: Pulverablagerungen
  Bei Feuchtigkeitseinwirkungen entstehen leitfähige Schichten (Überschlagsgefahr)
  Pulver dringt in elektronische und mechanische Geräte ein und kann zu Funktionsstörungen führen.

Auf Personen:

- Halone (siehe auch Seite 96 ff.): Gesundheitsschädigende Gase
  Vorsicht in Räumen
- CO_2 (Kohlendioxyd): Erstickungsgefahr in Räumen

Sicherheitsvorkehrungen

- Feststellen der Spannungsgrösse der Anlageteile
- Gefahrenzone spannungslos machen
- Unterscheiden zwischen Hoch- und Niederspannung in elektrischen Installationen wie Leuchtreklamen, Ölfeuerungsanlagen, Röntgenanlagen
- Wahl des geeigneten Löschmittels
- Festlegen des Sicherheitsabstandes zwischen Rohrführer und Anlageteil

Absprechen der Einsatzmöglichkeiten

- Mit den zuständigen Starkstromunternehmungen bei Hochspannungsschalt- und Verteilanlagen wie Kraftwerkzentralen, Unterwerken, Schalt- und Kommandoräumen, Ortstransformatoren, Leitungen
- Mit den Anlagebesitzern bei Telefonzentralen, Rechenzentren und besonders löschmittelempfindlichen Verteilanlagen und Apparaten
- Mit den Vorständen von Bahnhöfen und Stationen bei Bahnanlagen

Massnahmen beim Einsatz des Rohrführers

- Kein Standort unter Freileitungen
- Kühlen von Freileitungen
- Löschen von Anlageteilen mit Sprühstrahl
- Einhalten der festgelegten Minimalabstände beim Einsatz von Löschmitteln in der Nähe von unter Spannung stehenden Anlagen:

Löschmittel		Minimal-Distanzen		
		Niederspannung > 50 ≤ 1000 V	Hochspannung > 1000 V	
		alle Anlageteile	Freileitungen	Schaltanlagen
Wasser	Vollstrahl	5 m	∅ der Düse in mm = Abstand in m, mind. 10 m	Verboten, ausgenommen stationäre Löschanlagen
	Sprühstrahl	1 m		
Pulver	BCE	1 m	–	
	ABCE (max. 100 V)			
CO_2		1 m	–	
Halone		1 m	–	
Schaum		verboten	verboten	verboten

Die Verwendung von Löschwasser mit Zusätzen wie Netzmittel, Jauche an unter Spannung stehenden Anlagen ist verboten.

Löschmittel

Schaum

Einführung

Zur Bekämpfung von Bränden flüssiger Treibstoffe, von Lösungsmitteln, brennbarer Flüssigkeiten usw., die bei Lagerung, Umschlag und Transport zu Lande, im Wasser und in der Luft auftreten können, ist der Einsatz von Luftschaum heute nicht mehr wegzudenken.
Viele der brennbaren Flüssigkeiten haben einen tiefen Flammpunkt und können durch den Einsatz von Wasser als Löschmittel beim Brand nicht unter den Flammpunkt abgekühlt und somit nicht gelöscht werden. Zudem sind brennbare Flüssigkeiten in der Regel spezifisch leichter und schwimmen, wenn sie nicht mit Wasser mischbar sind, auf dem Löschwasser. Der Brand kann sich auf diese Weise sogar ausbreiten.
Durch die Mischung der drei Komponenten: WASSER, SCHAUMMITTEL und LUFT, entsteht LUFTSCHAUM – der dank seiner niedrigen Dichte auf den brennenden Flüssigkeiten schwimmt, sich rasch über dem Brandgut als Decke ausbreitet – dieses vom Sauerstoff trennt, kühlt und die Verdampfung vermindert.
Die **Löschwirkung** des Schaumes bei der Brandbekämpfung basiert auf folgenden Löscheffekten:

Kühleffekt

Das aus dem Schaum ausscheidende Wasser verdampft auf der Brandoberfläche oder unmittelbar darunter, wobei Wärme abgeleitet wird. Dieser Löscheffekt wird vorwiegend bei brennenden Flüssigkeiten wirksam, die an der Oberfläche eine Siedetemperatur von 100 °C oder mehr aufweisen, sowie bei festen Brennstoffen.

Stickeffekt

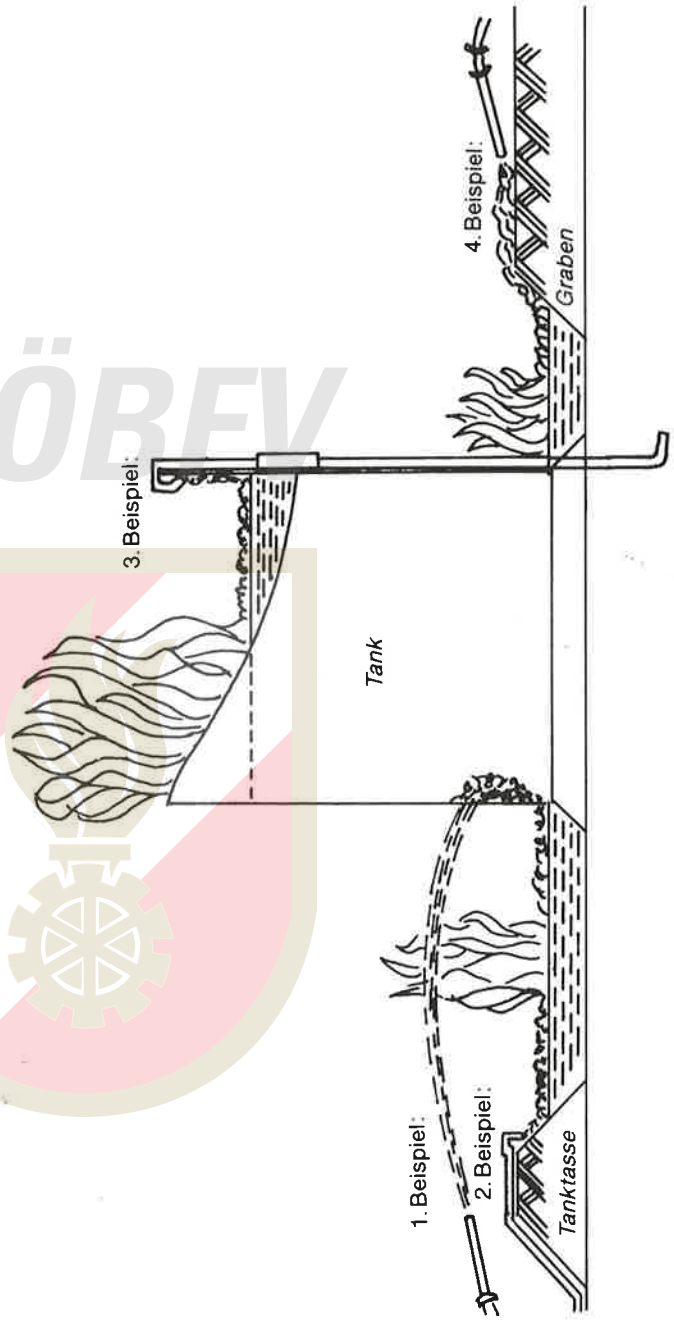
Die geschlossene Schaumdecke verhindert die erneute Luftsauerstoffzufuhr zum Brandgut.

Geschichtliche Entwicklung

Das Löschmittel Schaum wird im wesentlichen von zwei Faktoren bestimmt:

- von der Entwicklung **verschäumungsfähiger** Stoffe (Schaummittel), was in den Aufgabenbereich der Chemie fällt, und
- Von der Entwicklung der **Verschäumungsaggregate** (Verschäumungsgeräte), einem vorwiegend technischen Problem (Apparatebau).

- 1877 baute der Engländer Johnson das erste Schaumlöschgerät.
- Um die Jahrhundertwende bis zum Ersten Weltkrieg brachten E. Gates, A. Laurent, R. König und J. Rosenthal verschiedene Schaumlöschgeräte auf den Markt.
- Bis ca. 1930 verwendete man praktisch ausschliesslich den **chemischen Schaum.** Natriumbikarbonatlösung mit Schaumextrakt und Säure werden getrennt gelagert und vor dem Löscheinsatz vereinigt. Das sich dadurch bildende CO_2 (Kohlensäure) erzeugt den Schaum.
- In den zwanziger Jahren begann die Verwendung von wasserlöslichen **Eiweissprodukten,** hergestellt aus organischen Abfallstoffen, wie z. B. Huf- oder Hornmehl. Diese PROTEIN-Schaummittel, in kleinen Dosierungen dem Wasserstrom zugemischt, bilden Schwerschaum mit bis zu 20-fachem Volumen. Protein-Schaum wird bis zur heutigen Zeit eingesetzt. Neu hinzugekommen sind die Fluor-Protein-Schaummittel.
- 1923 verwendete der Patentanwalt C. Wagner zum erstenmal Luft als Füllgas und leitete damit die positive Entwicklung des Luftschaum-Verfahrens ein.
- 1932 patentierte W. Friederich ein Luftschaum-Strahlrohr, das unter dem Namen «Kometrohr» bekannt wurde.
- 1956 erscheint in England, den USA, der UdSSR eine Weiterentwicklung, das sogenannte Hochverschäumungsverfahren («HI-EX **H**igh **E**xpansion» oder Leichtschaum-Verfahren genannt).



1. Beispiel: Die Schaumaufgabe erfolgt indirekt, d. h. ein im Brandgut befindliches Hindernis, z. B. eine Tankwand, ein Prallblech oder eine Mauer, wird mit dem Schaumstrahl so angespritzt, dass der herabfliessende Schaum sanft auf das Brandgut trifft
2. Beispiel: Die Schaumaufgabe erfolgt über einen Giesskrümmer gegen eine Böschung oder ein Schaumleitblech und breitet sich von dort sanft auf der Oberfläche des Brandgutes aus.
3. Beispiel: Bei einem Tankbrand erfolgt die Schaumaufgabe durch Schaumtöpfe / Giesskrümmer gegen die Tankinnenwand bzw. über im Tank angebrachte Schaumleitbleche.
4. Beispiel: Hier erfolgt die Schaumaufgabe dadurch, dass der Schaum vor dem Brandgut auf den Erdboden gespritzt wird und von dort sanft auf das Brandgut fliesst.

Trenneffekt
Der Schaum trennt die Verbrennungszone vom Brandgut.

Deckeffekt (Fliessfähigkeit)
Die geschlossene Schaumdecke verhindert Gasdurchbrüche und damit Rückzündungen.

Dämmeffekt
Die geringe Wärmeleitfähigkeit des Schaumes macht bereits abgelöschte oder noch nicht entzündete Brandgüter unempfindlich gegenüber Zündquellen.

Verdrängungseffekt
Dieser Effekt wirkt sich vornehmlich beim Fluten mit Leichtschaum bzw. Mittelschaum aus. Der für die Verbrennung erforderliche Luftsauerstoff oder andere Gase werden verdrängt.

Die vorgenannten Löscheffekte werden beim Einsatz aller Schaumarten freigesetzt. Je nach Art des Brandes, der Schaumart und -qualität geht jedoch mal von diesem, mal von jenem Effekt die grössere Löschwirkung aus.

Die **Löschleistung** des Schaumes wird im wesentlichen bestimmt durch:

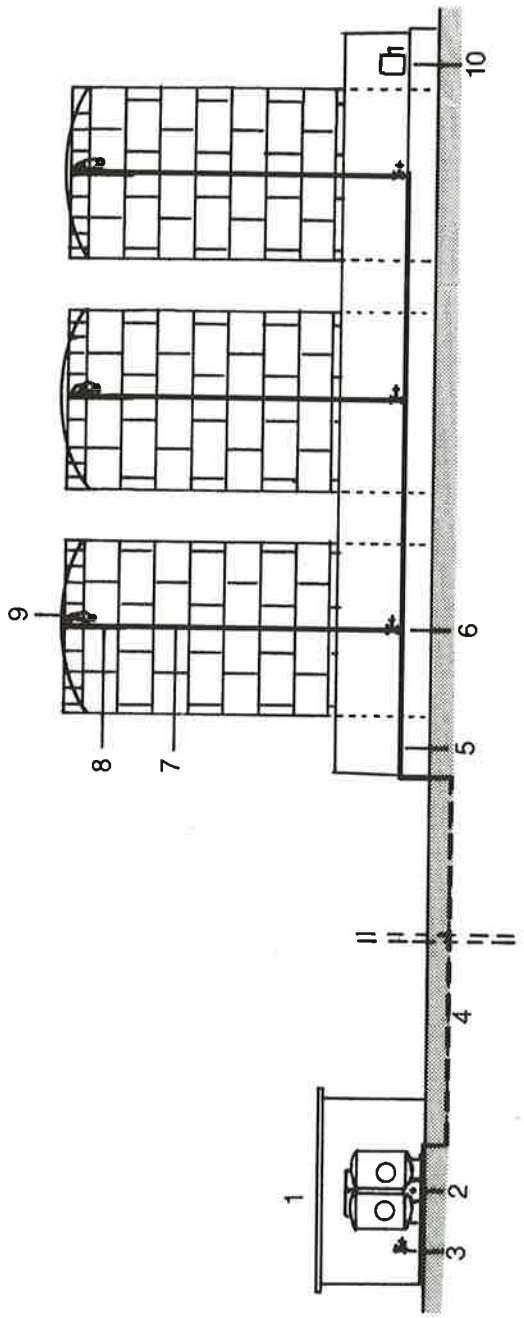
Fliessfähigkeit
Die Fähigkeit des Schaumes, sich rasch über brennende Oberfläche zu verbreiten und diese abzudecken.

Abbrandwiderstand
Widerstandsfähigkeit des Schaumes gegen Einwirkungen von Wärmestrahlung und Flammen.

Dampfdichtheit
Der Widerstand der Schaumdecke gegen Dampfdurchbrüche.

Schema einer stationären Luftschaum-Feuerlöschanlage

1 Schaumbildner-Zumischgruppe
2 Venturirohr
3 Hauptwasserhahn
4 Zuleitung
5 Ringleitung
6 Hahn
7 Steigleitung
8 Luftschaumrohr
9 Schaumkammer
10 Löschposten

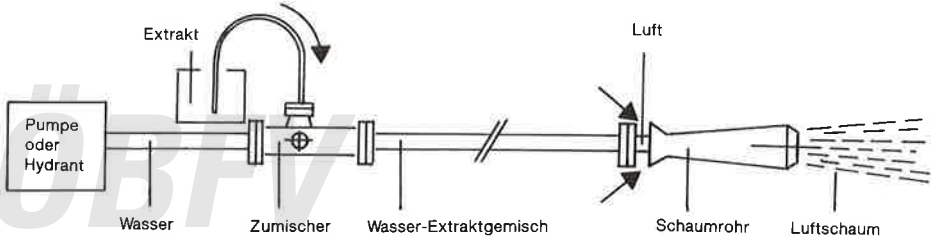


ÖBFV

- Ab ca. 1960 gelang ein weiterer bedeutender Schritt mit der Entwicklung von synthetischen Mehrbereichsschaummitteln. Diese sind auf oberflächenaktiven (Fettalkoholsulfonaten) Substanzen (TENSIDEN) aufgebaut.
- 1964 erschien in den USA das «Light Water» mit dem AFFF-Effekt (**A**queous **F**ilm **F**orming **F**oam).
  Dieses synthetische Schaummittel erzeugt auf der Flüssigkeitsoberfläche eine Sperrschicht als Film, der den Durchtritt von brennbaren Dämpfen und eine Wiederentzündung beim Aufreissen der Schaumschicht verhindert bzw. erschwert.

Mit den AFFF-Schaummitteln und den Fluor-Protein-Entwicklungen sowie Schaumtypen, geeignet zur Bekämpfung von **Alkoholbränden,** wurde der heutige Standard (Entwicklungsstufe) der Schaumlöschverfahren erreicht.
Erfahrungen aus grossangelegten Löschversuchen und ernstfallmässigen Einsätzen bei Bränden von Transportfahrzeugen mit brennbaren Flüssigkeiten haben eindeutig gezeigt, dass mit Schaum allein nicht in der für eine erfolgreiche Bekämpfung (Rettungen!) notwendigen Zeit sicher gelöscht werden konnte. Der **kombinierte** Einsatz von Löschpulver und Schaum hat sich mit Erfolg allgemein durchgesetzt, wobei das Pulver ein schlagartiges Löschen der Flammen und der Schaum neben seiner Kühlwirkung die Sicherung gegen Rückzündungen ermöglicht.
Aus dieser Erkenntnis heraus wird heute von den Feuerwehren der **dreifache Brandschutz** (Pulver – Schaum – Wasser), je nach taktischen Erfordernissen angewandt.
Neben den einfach zu handhabenden, mobil einzusetzenden Zumischern und Schaumrohren, gespiesen ab Hydrant, Motorspritze oder TLF, stehen Leichtschaumgeräte, Schaumwerfer (Monitore) zur Verfügung. TLF und Speziallöschfahrzeuge für Tanklager, Raffinerien, Chemische Industrie usw. verfügen über fest eingebaute Schaumlöscheinrichtungen (Pumpenvormischung, Zumischung in beliebige Pumpenabgänge, d. h. Pumpennachmischung). Neu entwickelt wurden für Spezialfahrzeuge vollautomatische, elektronische Steuerungen der Zumischrate des Schaummittels, der Nachregulierung

der Motordrehzahl (Druckkonstanthalteautomatik), ohne manuelle Betätigung des Maschinisten.
Heute arbeiten auch kleinere Feuerwehren mit Löschschaum. Alle Feuerwehrmänner sollten daher die Grundbegriffe der Schaumlöschverfahren und Anwendung in der Praxis beherrschen.



Vademecum

Das Schaum-ABC

ÖBFV

Grundsätzliches

Aus **Wasser** und **Schaummittel** wird die **Schaummittellösung** hergestellt.

- Im **Schaumerzeugungsgerät** entsteht aus der Lösung mit Hilfe von LUFT der SCHAUM.

Nur durch die Feinabstimmung von
- **Schaummittel,**
- **Zumischung,**
- **Schaumerzeugungsgerät** und
- **Druckverhältnissen**

entsteht der gewünschte
- **Löschschaum!**

Die Wasserqualität

Zur Schaumerzeugung ist jedes reine bis wenig verschmutzte Süss- oder Meerwasser im Temperaturbereich von 5 bis 50 °C geeignet.

Die Verschäumungszahl

Die Verschäumungszahl (VZ) gibt das **Dichteverhältnis** zwischen Wasser und Schaum an: dabei wird, wegen der geringen Unterschiede zwischen Wasser und Schaummittellösung (SML), beides gleichgesetzt (Dichte = 1); daraus ergibt sich die

$$\textbf{Schaumdichte} = \frac{1}{VZ}$$

Die **Verschäumungszahl** (VZ) ist auch das Verhältnis zwischen dem erzeugten Schaumvolumen (S) und dem Volumen der Schaummittellösung (SML)

$$VZ = \frac{S}{SML}$$

S (in Litern)
SML (in Litern)

Daraus lässt sich durch Umformen der Formel «Verschäumungszahl» im voraus die **Schaummenge** errechnen:

$$SML \cdot VZ = S$$

Schaummittellösung × Verschäumungszahl
= Schaummenge

Mit Hilfe der Verschäumungszahl lässt sich auch der spezifische Wassergehalt des Schaumes errechnen, weil 1 dm^3 Wasser die Masse von 1000 Gramm besitzt:

$$\text{Spez. Wassergehalt des Schaumes (in Gramm)} = \frac{1000g}{VZ}$$

Daraus ergibt sich **z. B.**, dass pro dm^3 Schaum, der durch 1000fache Verschäumung (V = 1000) der Schaummittellösung erzeugt wurde, nur 1 Gramm Wasser enthält:

$$\frac{1000g}{1000} = 1\ g$$

Die Einteilung in Schaumbereiche

Mit Hilfe der Verschäumungszahl werden die Löschschäume in drei Schaumbereiche gegliedert:

- Der **Schwerschaum**-Bereich:
- VZ 5–20
- Der **Mittelschaum**-Bereich:
- VZ > 20–200
- Der **Leichtschaum**-Bereich:
- VZ > 200

Mit den derzeit auf dem europäischen Markt befindlichen Schaummitteln und Schaumerzeugungsgeräten werden ungefähr folgende Verschäumungszahlen erreicht:

Im **Schwerschaum**-Bereich:
VZ 6–15
Im **Mittelschaum**-Bereich:
VZ 30–180 (30, 50, 75, 100, 150, 180)
Im **Leichtschaum**-Bereich:
VZ 250–1000 (250, 500, 1000).

Die Schaummittel

Ihrem wesentlichen chemischen Aufbau nach können die Schaummittel in zwei Hauptgruppen unterschieden werden:
- Schaummittel auf **Eiweissbasis** (Protein-Schaummittel);
- Synthetische Schaummittel auf **Fettalkoholbasis** (Tensid-Schaummittel).

Eine besondere Art der Tensid-Schaummittel sind

- **Filmbildende** Schaummittel (Fluortensid-Schaummittel).
- Schaummittel, die zur Erzeugung von Schwer- und Mittelschaum oder von Schwer-, Mittel- und Leichtschaum geeignet sind, werden **Mehrbereichsschaummittel** genannt.

Einsatzbereiche der Schaummittel

Man kann Proteine, Tenside und Fluortenside so miteinander verarbeiten, dass gezielte Eigenschaften für besondere Einsatzanforderungen wirksam werden:

Protein-Schaummittel

- ergibt Schwerschaum;
- geeignet für die Brandklassen A und B (ausgenommen: mit Wasser mischbare, brennbare Flüssigkeiten);
- besitzt bei VZ 7–8 und hoher Zumischrate (5–6%) eine grosse Haftfähigkeit, ist dann auch zur **Landebahnbeschäumung** geeignet und verliert erst nach einer Stunde die Hälfte seines Wassergehaltes (Wasserhalbwertzeit).

Fluorprotein-Schaummittel

- ergibt Schwerschaum;
- geeignet für die Brandklassen A und B (ausgenommen: mit Wasser mischbare, brennbare Flüssigkeiten);
- rasche Schaumausbreitung;
- geringe Vermischung mit der brennbaren Flüssigkeit, daher auch tauchfähig und zur direkten Einspritzung in Lagerbehälter geeignet (Sub-Surface-Injection-Verfahren)

Wasserfilmbildendes Schaummittel (AFFF)

(AFFF = **A**queous **F**ilm **F**orming **F**oam)

- ergibt Schwerschaum;
- geeignet für die Brandklassen A und B (ausgenommen: mit Wasser mischbare, brennbare Flüssigkeiten);

- rasche Wasserabgabe mit guter Kühlwirkung;
- grosse Ausbreitungsgeschwindigkeit;
- schützt besonders gegen Wiederentzündung;
- löschpulververträglich.

Alkoholverträgliches Protein-Schaummittel

- ergibt Schwerschaum oder niedrig verschäumten Mittelschaum;
- geeignet für die Brandklassen A und B;
- die Wasserhalbwertzeit liegt bei VZ 7–8 und 5–6% Zumischung im Schwerschaumbereich über 45 Minuten.

Fluoriertes, alkoholverträgliches Protein-Schaummittel

- ergibt Schwerschaum oder Mittelschaum von VZ –50 bis VZ –75;
- geeignet für die Brandklassen A und B;
- rasche Schaumausbreitung;
- die Wasserhalbwertzeit liegt bei VZ 7–8 und 5–6% Zumischung, im Schwerschaumbereich wenig unter 90 Minuten.

Tensid-Schaummittel (Synthetischer Mehrbereichsschaum)

- ergibt Schwer- oder Mittel- oder Leichtschaum;
- geeignet für die Brandklassen A und B (ausgenommen: mit Wasser mischbare, brennbare Flüssigkeiten);
- rasche Schaumausbreitung;
- durch gute Verschäumungseigenschaften auch im Schwerschaumbereich höhere Verschäumung (VZ 9–15);
- Netzmittelwirkung.

Fluoriertes Tensid-Schaummittel

- ergibt Schwer- oder Mittel- oder Leichtschaum;
- geeignet für die Brandklassen A und B (ausgenommen: mit Wasser mischbare, brennbare Flüssigkeiten);

- gute Tauchfähigkeit und Anwendbarkeit im Sub-Surface-Injection-Verfahren;
- rasche Schaumausbreitung;
- Netzmittelwirkung.

Die Anwendung der Löschschäume

Es sollen eingesetzt werden:

Schwerschäume,

- wenn zur Abdeckung von Festkörpern oder Flüssigkeiten entweder eine gute Kühlwirkung oder eine gute Haftfähigkeit erforderlich ist;
- möglichst grosse Wurfweiten gefragt sind.

Mittelschäume,

- wenn brennbare Flüssigkeiten mit niedrigem oder hohem Dampfdruck abzulöschen sind;
- wenn vorwiegend mit Stickeffekt gelöscht werden muss;
- wenn mit geringem Löschdruck gelöscht werden muss (z. B. staubförmige Brandstoffe);
- wenn Wasserschaden vermieden werden muss;
- wenn Rohrleitungen, Kanäle, Schächte u. ä. rasch mit Schaum gefüllt werden müssen (relativ kleine Volumina).

Leichtschäume,

- wenn auf einen Kühleffekt verzichtet werden kann;
- wenn ein rascher Verdrängungseffekt erzielt werden muss (Raumflutung);
- wenn rasch radioaktive Luftverunreinigungen gebunden werden müssen;
- wenn mit geringem Löschdruck gelöscht werden muss;
- wenn ein Langzeiteffekt in Räumen erforderlich ist;
- wenn korrosiver Rauch zurückgehalten werden soll.

In elektrischen Anlagen

Spannung wegschalten!

Methoden der Schaumaufbringung

Ortsfeste Schaumlöschanlagen

Schaum-/Wasserwerfer:

- Anwendung des Schwerschaum-Löschverfahrens zur Erzielung grosser Wurfweiten und Wurfhöhen;
- Raumdeckung im Umkreis von 270 bis 360°;
- veränderliche Zielrichtungen nach Bedarf möglich.

Ortsfeste Schaumrohre:

- Anwendung des Schwer- oder Mittelschaum-Löschverfahrens im Objektschutz;
- Überkopf-Beschäumung von Behältern und Auffangwannen, Becken und ähnlichen, zur Aufnahme brennbarer Flüssigkeiten dienenden Konstruktionsformen;
- Sub-Surface-Injection, entweder über aufschwimmende Schläuche oder im direkten Einspritzverfahren;
- Sprühschaum-Löschanlagen für Schwer- und Mittelschaum, wenn eine «Sprinkler-Methode» zweckmässig erscheint.

Mobiler Schaumeinsatz

- Der Löschschaum kann geworfen oder gegossen werden (Werfer, Schaumrohre bzw. Schaumrohre mit Giessgestänge).
- Der Schaum soll nur geworfen werden, wenn entsprechend grosse Wurfweiten und Wurfhöhen notwendig sind.
- Mittelschaumrohre mit VZ –50 und mehr besitzen bereits Giesseigenschaften.
- Beim Löschen von Alkohol und anderen polaren Flüssigkeiten soll der Schaum unbedingt gegossen werden und ein Werfer nur in zwingenden Fällen zum Einsatz kommen.
- Beim Arbeiten mit Handschaumrohren soll die Zumischrate je nach Schaummittelart
  2–4% bei Kohlenwasserstoffbränden,
  4–5% bei Alkoholbränden,
  5–6% bei Werfereinsatz
  betragen.

Umweltgerechte Verwendung von Schaum

Schaumlöschmittel sind je nach ihrer chemischen Zusammensetzung sowie der eingesetzten Menge für ober- und unterirdische Gewässer, Böden, aber auch für Abwasserreinigungsanlagen mehr oder weniger schädlich.
Der Eintrag von Schaum in Oberflächengewässer ist in jedem Fall zu vermeiden. Für fliessende Gewässer, Abwasser- und Kläranlagen muss die Verdünnung von 3 bis 6% schaumhaltigem Gemisch mindestens 200-fach sein.
Kann das Löschwasser aufgefangen werden, ist der Einsatz von Schaum unbedenklich: es ist jedoch auf eine einwandfreie Entsorgung des Löschwassers zu achten. Im weiteren wird auf die Richtlinie zur umweltgerechten Verwendung von Schaumlöschmitteln sowie das Leitblatt «Umweltschutz beim Einsatz von Löschschaum» des Schweizerischen Feuerwehrverbandes verwiesen.

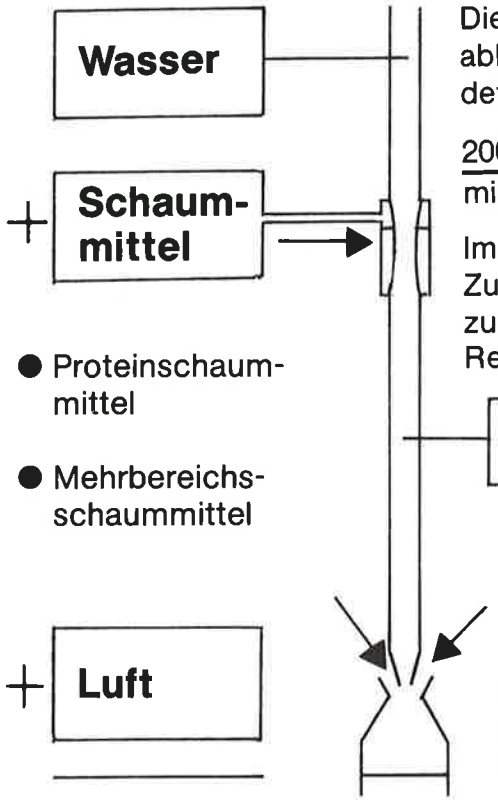
Vorratshaltung und Lagerung der Schaummittel

- Die meisten Schaummittel können in einem Temperaturbereich zwischen –15 °C und 30 °C gelagert werden.
- Die meisten Schaummittel können nach einem Einfrieren und natürlichem Auftauen ohne Verlust ihrer Eigenschaften verwendet werden.
- Eine Überschreitung der maximalen, in der Produktbeschreibung angegebenen Plusgrade führt in der Regel zur Zersetzung des Schaummittels und zum Verlust der Verschäumungseigenschaften.
- Für Tensid-Schaummittel, fluorierte Schaummittel und alkoholverträgliche Schaummittel sind blanke Metall-Lagergefässe ungeeignet, ebenso verzinkte Behälter.
- Lange Lagerfähigkeit wird nur mit maximal gefüllten, möglichst originalverschlossenen Lagergebinden erreicht.

Viele wichtige Gebiete des Schaumlöschverfahrens blieben in diesem Abriss unerwähnt, so z. B. die Prüfung von Schaummitteln und Löschschäumen, der Einfluss von Druck, Temperatur und Zumischrate auf die Schaumeigenschaften und die Verschäumungszahlen, besondere Einsatzmethoden und die Anwendung kombinierter Löschverfahren. Nicht behandelt wurden auch die Anforderungen, die an Schaummittel gestellt werden müssen, und die Frage, welche Löscheffekte mit den verschiedenen Löschschäumen erzielt und genützt werden können.

ÖBFV

Löschmittel: Schaum



Die Durchflussmenge ist abhängig vom verwendeten Zumischer.

200 l/min.	400 l/min.	800 l/min.

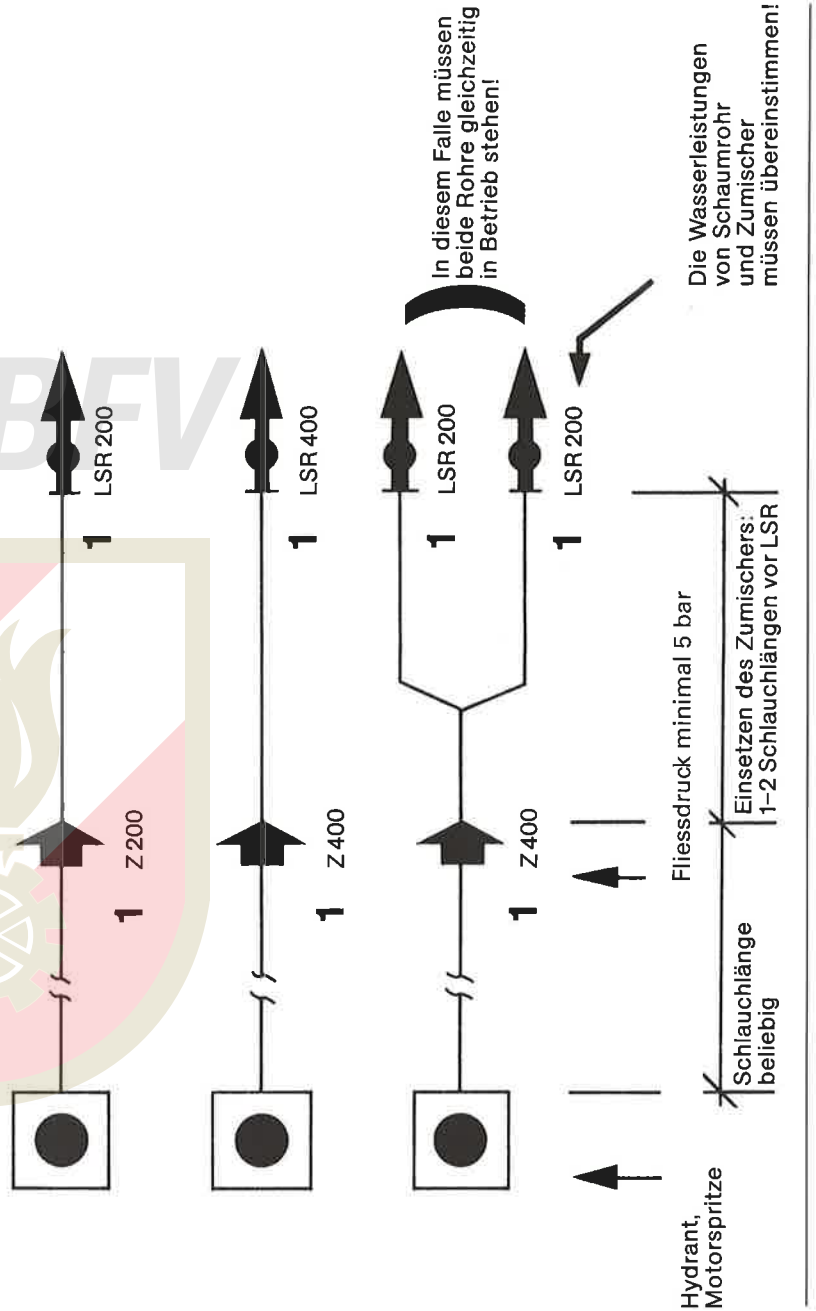
Im Zumischer erfolgt die Zumischung prozentual zum Durchfluss. In der Regel 3 %

Wasser-Schaummittel-Gemisch

wird im Luftschaumrohr unter Zuführung von Luft verschäumt.

	Verschäumung
Schwerschaum	5-bis 20 fach
Mittelschaum	> 20-bis 200 fach
Leichtschaum	> 200-bis 1000 fach

Einsatz der Luftschaumrohre und Zumischer, wie sie eingehalten werden müssen

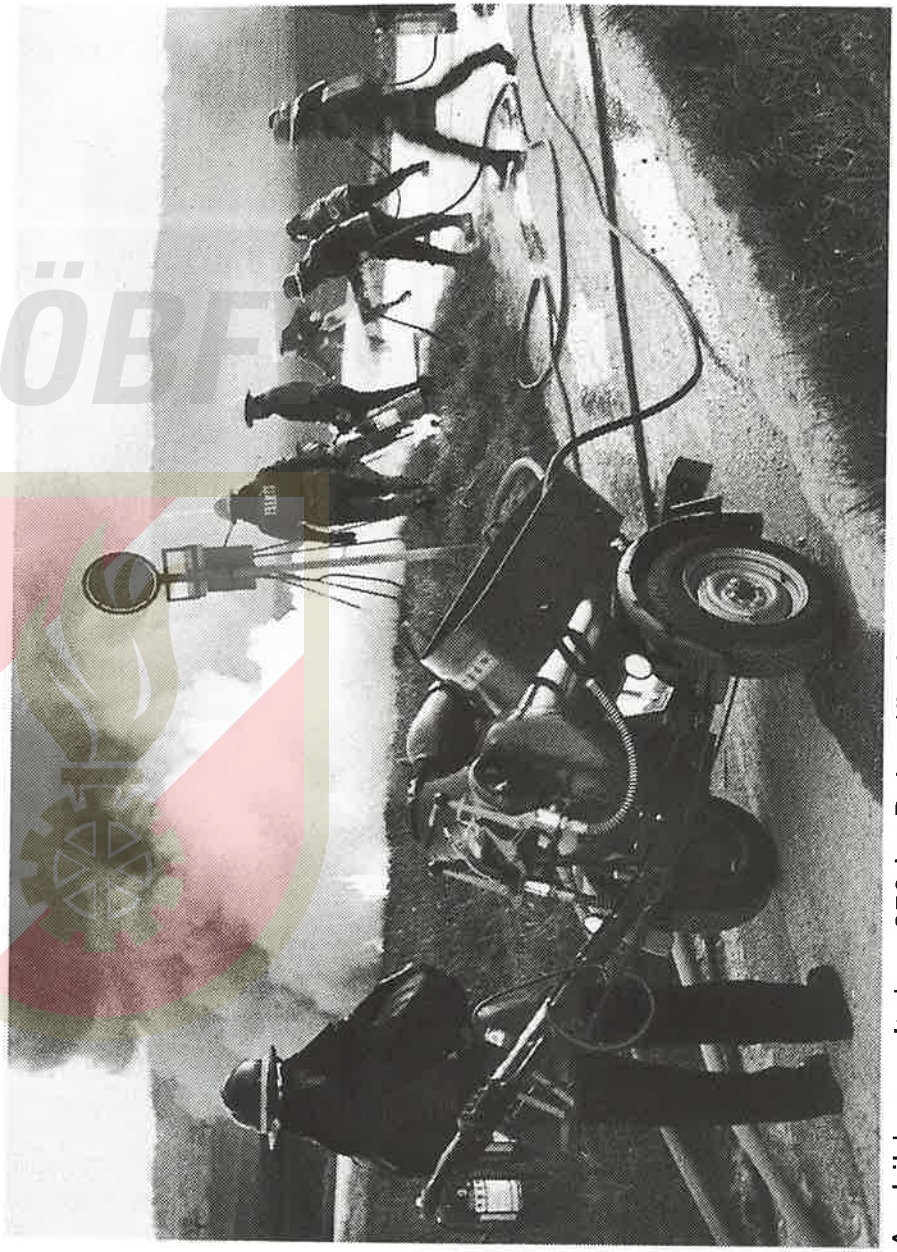


Unfallverhütung

Ein Unfall meldet sich nicht an ...
deshalb: Gefahrenstellen feststellen und Sicherheitsmassnahmen treffen.

Kontrollieren Sie, ob die Ladung auf dem Fahrzeug so verstaut ist, dass sie nicht umfallen oder herabfallen kann.

Grössere Sicherheit im Betrieb kann es nur dann geben, wenn man sich für sie genauso intensiv einsetzt wie für Qualität und Menge der Produktion.



Ausbildung mit dem 250-kg-Pulverlöschgerät

Löschmittel

Einführung

Das Pulverlöschverfahren hat in der heutigen Brandbekämpfung einen hervorragenden Stellenwert.
Besonders der kombinierte Einsatz von Pulver (schlagartiges Löschen von Flammen) und Schaum (Kühlwirkung und Sicherung gegen Rückzündungen) hat bei Übungen und Ernstfalleinsätzen viele Bewährungsproben mit Erfolg bestanden.
Von handelsüblichen Handfeuerlöschern mit 1 bis 12 kg Inhaltreichen die mobilen Geräte, Anhänger (250 kg) und selbstfahrende Einheiten bis zum Flugplatz-Grosspulverfahrzeug von 12 000 kg. Im Industriebrandschutz werden auch stationäre Pulveranlagen verwendet.

Geschichtliche Entwicklung

Als älteste Trockenlöschmittel sind Erde, Sand und Asche (Schüttmassen) bekannt. Im Vergleich mit den heute bekannten, löschkräftigen Pulvertypen war deren Löschwirkung gering. Sie können bestenfalls als Behelfslöschmittel betrachtet werden.
Die modernen Löschpulver haben seit 1912 Eingang in die Löschtechnik gefunden und sind, ständig verbessert, auf den heutigen Standard entwickelt worden.
Das kaiserliche Patentamt in Berlin erteilte damals der Firma Total ein Patent für einen «Druckgasfeuerlöscher mit einem als Druckmittel dienenden Löschgas». Löscher, deren Inhalt mit Schleuder- und Schüttbewegungen aus einfachen Behältern auf den Brandherd gebracht wurden, sind damals, vor

dem Ersten Weltkrieg, abgelöst worden durch zweckentsprechende Behälter mit Düsen – wobei das Pulver mit Treibgasen (Kohlendioxid oder Stickstoff) mittels einer kräftigen Pulverwolke ausgestossen werden konnte.

1922 Erster fahrbarer 80-kg-Trockenlöscher erscheint in Berlin auf dem Markt.

1923 Berufsfeuerwehren in den USA experimentieren mit Geräten, die Pulver nach dem Prinzip der druckluftbetriebenen Zementkanone, ausstossen.

1928 erhält Szilvay in Budapest ein Patent für ein Trokkenlöschautomobil. Das aus Natriumkarbonat und Kieselgur bestehende Löschpulver wird durch komprimierte Auspuffgase auf das Feuer geblasen.

1959 In den USA wird vom Schiffahrts-Versuchslaboratorium in New York ein für Flüssigkeitsbrände entwickeltes Löschverfahren mit paralleler Anwendung von Löschpulver auf Kaliumbicarbonat-Basis und einem Spezialschaummittel (Light Water) mit Doppelpistole vorgestellt.

Seit Ende des zweiten Weltkrieges fanden Löschpulver im Bereich Handfeuerlöscher starke Verbreitung. Ende der fünfziger Jahre begann die Ausrüstung des Industriebrandschutzes (Betriebsfeuerwehren) mit fahrbaren Pulvergeräten von 50 und 75 kg stationären Anlagen zum Schutz spezieller Risiken.
250-kg-Pulvergeräte als 2-Rad-Anhänger und Pulverfahrzeuge mit 500, 750 kg und grössere Einheiten für Flughäfen wurden bis heute in grossen Stückzahlen von den Feuerwehren in Dienst gestellt. Diese haben sich, besonders in bezug auf den dreifachen Brandschutz (Pulver – Schaum – Wasser) bewährt.

Den Feuerlöscher richtig bedienen

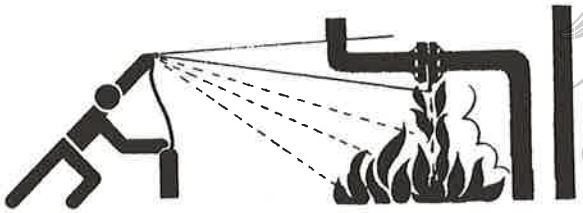
Es gibt verschiedene Feuerlöscher-Modelle. Die Bedienungsanleitung ist auf jedem Feuerlöscher aufgedruckt. Richten Sie sich danach. Beachten Sie auch die Gefahrenhinweise (z. B. «Nicht für elektrische Anlagen»).

- **Den Feuerlöscher aus dem Halter nehmen und auf dem Fussboden abstellen.**
- **Feuerlöscher entsichern, Ventil betätigen.**
- **Feuerlöscher aufheben. Schlauch auf den Brandherd richten!**
- **Löschpistole drücken – das Löschpulver strömt aus. Hebel loslassen – der Löschstrahl wird abgestellt.**

Den Feuerlöscher richtig einsetzen

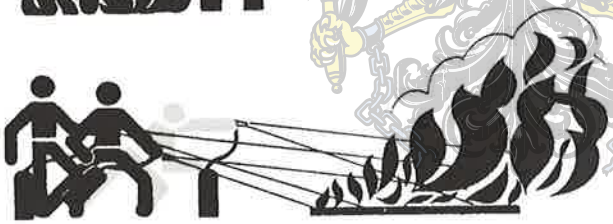
Feuer in Windrichtung angreifen

Flächenbrände vorn beginnend ablöschen



Aber: Tropf- und Fliessbrände von oben nach unten löschen

Genügend Löscher auf einmal einsetzen – nicht nacheinander



Vorsicht vor Wiederentzündung

Gebrauchte Feuerlöscher neu füllen lassen

Vademecum

Das Pulver-ABC

(Trockenlöschverfahren)

ÖBFV

Die Trockenlöschverfahren

- Die Löschpulver-Verfahren
- Die Schüttmassen-Löschverfahren

Die Brandklassen

A = Brände fester Stoffe
B = Brände flüssiger und flüssig werdender Stoffe
C = Gasbrände
D = Metallbrände
E = Elektrische Anlagen

Die Löschpulver-Arten

BC-Pulver = Flammbrandpulver
ABC-Pulver = Glutbrandpulver (auch G-Pulver genannt)
D-Pulver = Metallbrandpulver (auch M-Pulver genannt)

Die Schüttmassen (Deckmaterial)

A-Schüttmassen
(bedingte Eignung für Brände der Brandklasse A)
- Sand
- Erde

→ geeignet für Brände von kleinflächigen, niedrigen oder flachen Festkörpern

B-Schüttmassen
(bedingte Eignung für Brände der Brandklasse B)
- Torf
- Häcksel
- Stroh
- Sägemehl

→ geeignet für Brände flüssig werdender Stoffe und viskoser Flüssigkeiten

D-Schüttmassen
(bedingte Eignung für Brände der Brandklasse D)
- Zement
- Trockensand
- Graphit
- Graugussspäne

→ geeignet für Brände brennbarer Metalle (z. B. Natrium, Kalium, Uran, Thorium)

Löschwirksame Korngrössen

Grundsätzlich ist die Löschwirksamkeit um so grösser, je kleiner die Pulverteilchen sind.
- Je kleiner die Pulverteilchen sind, um so windanfälliger ist die Löschpulverwolke und um so geringer sind Wurfweite und Wurfhöhe.
- Die Riesel- und Lagerfähigkeit nimmt ab, je kleiner die Pulverteilchen sind.
- Die im Löschpulver vorhandenen Korngrössen sollten zwischen 0,05 und 0,1 mm liegen; Korngrössen unter 0,02 und grösser als 0,6 mm scheinen für den im allgemeinen erforderlichen Löscheinsatz schlecht geeignet, weil einerseits bei Anwendung im Freien die negativen Eigenschaften zu stark wirksam werden, im anderen Falle aber die Absetzgeschwindigkeit bereits 300 mm/s übersteigt.
- Daraus ergibt sich eine mittlere, löschwirksame Korngrösse von 0,07–0,08 mm (≥ 0,05 mm bis ≤ 0,1 mm).

Förderfähigkeit der Löschpulver

Die glatten Oberflächen natürlicher Löschpulverkristalle beeinträchtigen die Förderfähigkeit.
- Zu starke Zerkleinerung führt zum «Zusammenpappen» und beeinträchtigt die Förderfähigkeit.
- Gebrochene Kristalle bilden starke Verzahnungen, welche die Förderfähigkeit verbessern.
- Abgestossene Zahnungen (mehrmalige Pulverförderung!) verschlechtern die Förderfähigkeit.
- Das **Druckverhalten** in den Förderleitungen und an der Löschpistole ist hauptsächlich **von der Düsenweite abhängig;** eine Druckerhöhung im Löschpulverbehälter führt in der Praxis nicht zu besseren Wurfweiten oder Förderhöhen.

Schaumverträglichkeit der Löschpulver

Löschpulver auf Natriumbasis zerstören den Löschschaum; reines Natriumhydrogenkarbonat ($NaHCO_3$ reduziert die Wasserhalbwertszeit um ca. 50%).
- Magnesiumstearat (jedes Pulverteilchen wird zur Verbesserung der Feuchtigkeit abweisenden Eigenschaften damit beschichtet) wirkt besonders schaumzerstörend; die meisten Flammbrandpulver bestehen zu ca. 97% aus Natriumhydrogenkarbonat und 3% Magnesiumstearat.
- Bei der Anwendung kombinierter Löschverfahren mit Schaum kann die Schaumzerstörung reduziert werden, wenn
  - schaumverträgliches Löschpulver eingesetzt wird.

- Ein Gemisch von Benzin und normalem Löschpulver ist in der Lage, die Halbwertszeit des Schaumes um 90% herabzusetzen.
- Gute Schaumverträglichkeit zeigen Löschpulver auf der Basis von Kaliumsulfat, Magnesiumkarbonat, Kaliumkarbonat, Kalziumphosphat und Talkum.

Löscheffekte der Löschpulver

Heterogener antikatalytischer Effekt (Wandeffekt) der BC- und ABC-Pulver

Während des Verbrennungsablaufes entstehen durch die Hitze-Einwirkung Umwandlungen in
- freie Atome (status nascendi),
- reaktionsaktive Moleküle,
- leicht spaltbare Peroxide,
- kurzlebige Brennstoffradikale.

Durch Einbringen der Pulverteilchen in die Flammenzone stossen diese Atome, Moleküle und Radikale mit den Wandflächen der Pulverteilchen zusammen und geben dabei soviel
- kinetische Energie,
- elektrische Energie und
- chemische Energie

an die Pulverfläche ab, dass ihre innere Energie zur Aufrechterhaltung der Verbrennungsreaktion nicht mehr ausreicht.

Stickeffekt der ABC-Pulver und der D-Pulver

- Die Salzschmelzen der ABC-Pulver fliessen in die Poren fester Brennstoffe hinein und verhindern das Eindringen von Sauerstoff.
- Auch D-Pulver können Salzschmelzen wie die ABC-Pulver bilden; aber auch die geringe Teilchengrösse und grosse Schüttdichte verhindern den Zutritt von Sauerstoff zu den brennenden Metallen.

Der Dämmeffekt der BC-, ABC- und D-Pulver

- Die Teilchendichte der Pulverwolke von ABC- und BC-Pulvern schirmt die Hitzestrahlung ab und verringert die Gefahren der Wärmestrahlung (Aufheizen der brennbaren Flüssigkeiten, Wärmeübergang auf feste Stoffe).
- Die Schutthöhe der D-Pulver absorbiert die Hitzestrahlung auf die Umgebung der brennenden Metalle.

Der homogene antikatalytische Effekt der ABC- und D-Pulver

Durch das Schmelzen der Salzkristalle von Ammoniumphosphaten oder -sulfaten wird Ammoniak frei und wirkt als negativer Katalysator, ähnlich wie Halone.
Die Löscheffekte der Löschpulver sind keineswegs völlig erforscht. Sicher ist allerdings, dass bei BC-Pulvern und auch bei ABC-Pulvern, soweit es nicht die Glut-, sondern die Flammenlöschung betrifft, nicht die chemische Zusammensetzung der Pulver, sondern nahezu ausschliesslich die Teilchendichte der Löschpulverwolke den Löscherfolg bewirkt. Viele Versuchsreihen haben eindeutig ergeben, dass beim Löschen von Flammenbränden nur 0,5 bis 4% des aufgewendeten Pulvers chemisch zersetzt werden.
Andererseits können Flammenbrände mit verhältnismässig wenig Löschmittelmengen gelöscht werden. So ergibt ein Vergleich der Löschmittelmassen zum Löschen von Flüssigbränden folgendes Verhältnis:
PULVER : CO_2 : SCHAUM = 1 : 4 : 6

Die Löscheffekte der Schüttmassen (Deckmaterial)

A-Schüttmassen

Hiefür kommen in erster Linie Erde und Sand als Schüttmassen in Frage. Die Schütthöhe ist von der «Korngrösse» abhängig; um einen ausreichenden Stickeffekt zu erreichen, ist bei feinkörnigem Sand eine geringere Sandmenge erforderlich als bei grobkörnigem Sand. Da sowohl Erde als auch Sand in der Regel einen Feuchtigkeitsgehalt aufweisen, tritt einer-

seits ein geringer Kühleffekt zusätzlich ein sowie bei den direkten Berührungsflächen von Brandstoff und Schüttmassen ein Temperatur-Ausgleichseffekt.

B-Schüttmassen
Grundsätzlich sind «trockene» Schüttmassen zu verwenden, weil die meisten brennbaren Flüssigkeiten leichter sind als Wasser; nasse Schüttmassen würden untersinken.
Die Schüttmassen sollen auf der Flüssigkeit schwimmen, rasch ausreichende Schütthöhe und Schüttdichte erreichen und sich langsamer vollsaugen, als sie auf die brennende Oberfläche aufgebracht werden.
Unter diesen Voraussetzungen entwickeln B-Schüttmassen
- einen Verdrängungseffekt,
- einen Deckeffekt,
- einen Dämmeffekt und
- einen Temperatur-Ausgleichseffekt durch Saugwirkung.

Diese Löscheffekte kommen dadurch zustande, dass durch rasches Aufbringen der Schüttmasse die Dämpfe an der Oberfläche verdrängt werden, der Luftzutritt und das Aufsteigen von Dämpfen reduziert wird, die Hitzestrahlung nicht mehr die Oberfläche des Brandstoffes verdampfen kann und die erwärmte Oberflächenschicht aufgesaugt wird, mit der Schüttmasse einen Temperaturausgleich erfährt und die verbleibende Oberfläche nicht mehr Siedetemperatur erreichen kann.
Bei flüssig werdenden Stoffen und stark viskosen Flüssigkeiten (wenn letztere nur kleine Pfützen bilden) kann auch mit feuchtem Sand und mit Erde ein Löscherfolg durch Stickeffekt und Ausgleichseffekt erzielt werden.

D-Schüttmassen
Die wichtigste Forderung ist Trockenheit und Feinkörnigkeit, damit durch die hohe Oberflächentemperatur der Metalle keine Zerlegung von Wasser zu Knallgas möglich ist und rasch eine entsprechende Schüttdichte erreicht wird. Die wirksam werdenden Löscheffekte sind ein ausgeprägter Stikkeffekt und ein eher noch theoretisch vorhandener, praktisch wenig wirksamer Ausgleichseffekt.

Auswahl der Löschpulver nach einsatztaktischen Gesichtspunkten

BC-Pulver für:
- Gasbrände aller Art
- Flüssigkeitsbrände aller Art
- flüssig werdende Stoffe aller Art
- Flammen-Unterdrückung

ABC-Pulver für:
- Festkörperbrände (von kompakten Massen!), die keinen Kühleffekt benötigen
- Flüssigkeitsbrände aller Art
- Gasbrände aller Art
- Flammen-Unterdrückung
- Brände von Magnesium, Aluminium und deren Legierungen

D-Pulver für:
- Brände von Natrium, Kalium, Uran, Thorium, Lithium; Druck durch Aufschrauben von Löschbrausen stark herabsetzen!

Für den Werfer-Einsatz:
- BC- oder ABC-Pulver mit ausreichender Schaumverträglichkeit, Feinkörnigkeit, aber eher höherem spezifischem Gewicht.

Bemessung der Löschpulvermengen

Die Bemessung des Löschpulverbedarfes soll grundsätzlich nach der Richtlinie «Löschmittelbedarf» erfolgen;

Faustregel: 1 kg/m³-Flammvolumen

Gasbrände mit hoher Verbrennungsgeschwindigkeit, z. B.:

Wasserstoff. . . . . 2670 mm/s
Azetylen . . . . . 310 mm/s
Äthylen . . . . . 630 mm/s
Die Löschwirksamkeit der Löschpulver nimmt mit zunehmender Verbrennungsgeschwindigkeit ab; bei den angeführten Gasen kann eine Erhöhung der Löschleistung um 50–100% erforderlich werden.

Allgemein übliche Leistung von Löschpulverdüsen

Handfeuerlöscher zu 6 kg und 12 kg . . . . . 0,6 kg/s

50-kg-Trockenlöschgeräte . . . . . 1,0 kg/s

Trockenlöschanhänger 250 kg . . . . . 2,0 kg/s

Trockenlöschfahrzeuge, Handpistolen. . . . . 5,0 kg/s

Löschpulverwerfer. . . . . 25,0–40,0 kg/s

Treibgase für Löschpulver

Handfeuerlöscher unter 6 kg: Pressluft, Stickstoff

Handfeuerlöscher ab 6 kg: CO_2, Pressluft

Geräte der erweiterten Löschhilfe, Löschfahrzeuge: Stickstoff, Pressluft, CO_2

Günstigster Arbeitsdruck für Brände der Brandklassen A, B, C: 8–14 bar

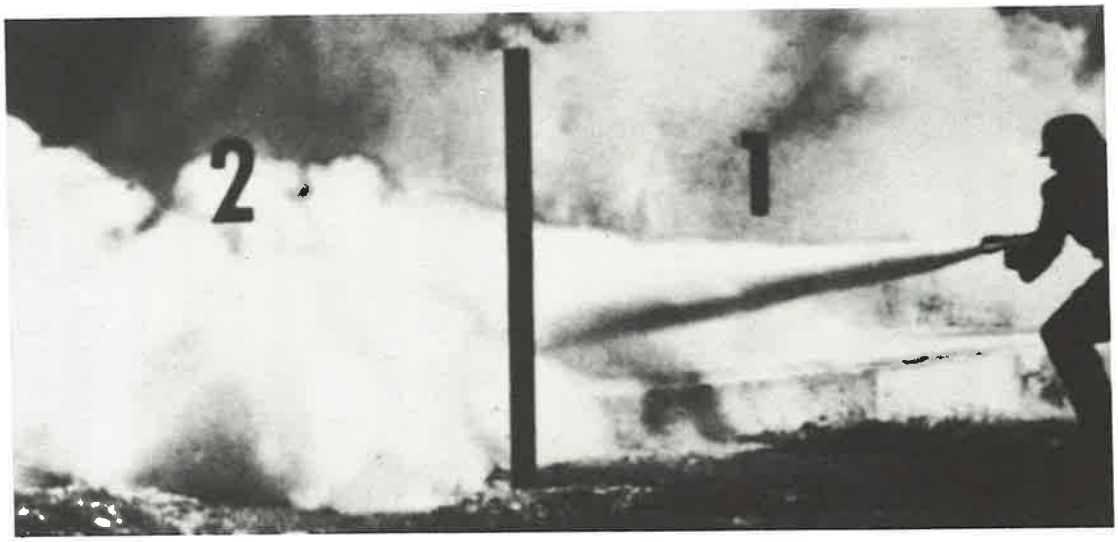
Vor- und Nachteile der Löschpulver

Vorteile
- Hervorragende Eignung für Flammenbrände, auch im Freien
- Relativ geringer Löschmittelbedarf
- ABC-Pulver ist ein gutes Mehrbereichspulver
- Gute Lagereigenschaften
- Keine toxische Wirkung
- Kaum korrosiv

Nachteile
- Windbeeinträchtigung
- Keine Kühlwirkung
- Sichtbehinderung
- Verstaubung
- Bedingt schaumverträglich
- Einsatzbeschränkung bei elektrischen Anlagen
- Hohe Löschleistung führt durch den begrenzten Löschmittelinhalt der Geräte zu kurzen Einsatzzeiten

Faustregeln für den Einsatz

- Mit dem Wind angreifen
- Von unten nach oben löschen
- Wenn erforderlich, mit mehreren Löschern gleichzeitig angreifen
- Löschgruppe anweisen und mit Handfeuerlöscher sichern
- Vor dem Löschbeginn 3–5 Sekunden Aufladezeit abwarten
- Mit der Pulver**wolke** und **nicht** mit dem Pulver**strahl** löschen
- Die Pulverwolke muss den ganzen Flammenquerschnitt **überlagern**
- In geschlossenen Räumen erst dann mit Löschpulver angreifen, wenn keine Personengefährdung mehr besteht (Panik durch Sichtbehinderung)



Mit der Pulver*wolke*, nicht mit dem Pulver*strahl* löschen!

- Bei elektrischen Anlagen über 1000 V mit BC-Pulver arbeiten

- Bei kombiniertem Löschverfahren mit Wasser:
  - Erst Pulver,
  - dann Wasser

- Bei kombiniertem Löschverfahren mit Schaum bei Bränden der Brandklasse B:
  - Nach Möglichkeit: schaumverträgliches Pulver verwenden

- Schussweise nur bei Flammenunterdrückung arbeiten, bis kombiniert gelöscht werden kann.

Taktische Grundsätze

- Bei kurzer Vorbrenndauer: «Pulverschlag»
- Bei langer Vorbrenndauer oder Misserfolg: «Kühlen, brennbare Flüssigkeiten mit Schaum oder light water abdecken»
- Konzentrierten Pulverschlag vorbereiten
- Flammenbrand mit (eventuell zweitem) Pulverschlag löschen
- Löschbereit bleiben – Rückzündungsgefahr

Dieser kurze Abriss konnte viele wichtige Probleme nicht behandeln; so z. B. die Vor- und Nachteile der einzelnen Löschpulversorten, die Prüfung der Löschpulver, erforderlicher und schädlicher Feuchtigkeitsgehalt, Korrosivität einzelner Pulver, Rieselfähigkeit, Rüttelbeständigkeit, Verhalten bei Temperaturschwankungen, Einsatztaktik bei besonderen Brandfällen wie Waldbrand, Flugzeugbrände, Erdgassondenbrände usw. – Trotzdem dürfte die Einhaltung der hier behandelten Anregungen zu keinen besonderen Schwierigkeiten führen, wenngleich beim Trockenlöschverfahren Erfolg und Misserfolg sehr nahe beieinander liegen.
«Übung macht den Meister!»

Löschmittel

Gase

Einführung

Gasförmige Löschmittel wie Kohlensäure (CO_2) und weitere inerte Gase wie z. B. Inergen sowie Halone haben in den letzten 20–30 Jahren eine weite Verbreitung gefunden. Diese Löschmittel werden in stationären Objektschutz- und Raumschutzanlagen und teilweise auch in tragbaren und fahrbaren Löschgeräten eingesetzt.
Stationäre Gaslöschanlagen werden über eine Frühwarn-Brandmeldeanlage automatisch angesteuert. Vorgängig erfolgt eine kurze Vorwarnung im zu flutenden Raum. In Räumen, wo sich Personen aufhalten, kann auch auf Handauslösung geschaltet werden. Im Alarmfall entscheidet der Verantwortliche dieses Bereiches, ob der Brand mit Handfeuerlöschern oder fahrbaren Geräten bekämpft oder die stationäre Anlage ausgelöst wird.

Geschichtliche Entwicklung

Halone

1839 hat der französische Chemiker H. v. Regnault aus Chloroform und Chlor Tetrachlorkohlenstoff (Tetra) hergestellt.
H. Kolbe entwickelte 1843 ein Verfahren, das sich zur Herstellung von Tetra eignete.
Chloroform und andere Chlorverbindungen wurden schon damals als Löschmittel eingesetzt. Tetra (Halon 104) ist wegen der gesundheitsschädigenden Wirkung der unzersetzten Dämpfe und der in der Brandhitze entstehenden giftigen Spaltprodukte seit 1964 verboten.
Auch das seit 1939 verwendete, weniger giftige Halon 1011 (Chlorobromethan Ch2ClBr), abgekürzt «CB» genannt, ist seit 1975 nicht mehr zugelassen.

Nach 1945 kam der Durchbruch der fluorierten Kohlenwasserstoffe, und heute werden zum Löschen fast ausschliesslich die Halone 1211 und 1301 verwendet.
Die Anwendung von Halonen für Löschzwecke hat in den siebziger und achtziger Jahren ihren Höhepunkt erreicht.
Um das Halon ist es seit der starken Einschränkung aus umwelttechnischen Überlegungen im Zusammenhang mit der Zerstörung der Ozonschicht ruhiger geworden (s. auch Seite 105).

CO_2 (Kohlendioxid)
Paracelsus (1493–1541) fand schon eine «besondere Luftart», die bei Gärprozessen und beim Kalkbrennen auftrat.
Um 1600 beschrieb der belgische Gelehrte van Helmont das Kohlendioxid und führte den Begriff «Gas» ein. Der französische Wissenschaftler A. L. Lavoisier (1743–1794) fand die richtige Definition der Verbrennung und bemerkte, dass das Kohlendioxid ein Verbrennungsprodukt des Kohlenstoffes ist.
Den Engländern M. Faraday und Sir H. Davy gelang 1823 als ersten die Verflüssigung von Kohlendioxid. Ab 1880 führten Gautsch, Berber und Fresenius CO_2 als Löschmittel ein.
Die ersten Patente für CO_2, erzeugt durch Einwirkung von Säuren auf Karbonate zur Feuerbekämpfung, wurden 1877 und 1883 (C. Mönch, Patent Nr. 28073) erteilt.
Der amerikanische Chemiker W. N. Hill beschrieb schon 1875 die Verwendung von unter Druck verflüssigten CO_2 zum Löschen von Lagerräumen in Schiffen.
Die erste stationäre CO_2-Löschanlage für den Raumschutz wurde um die Jahrhundertwende von der Firma Siemens & Halske entwickelt.
Nach dem Ersten Weltkrieg fand das Kohlendioxid eine grosse Verbreitung im Löschwesen.
Nach 1945 wurden mit Tiefkühlanlagen zur CO_2-Lagerung weitere Fortschritte erzielt.

Weitere Inertgase
Mit dem Verbot für ozonschichtabbauende Löschmittel nach der internationalen Umweltkonferenz 1987 in Montreal haben Inertgase eine neue Verbreitung gefunden. Neben der

Löschangriff mit zwei CO_2-Handfeuerlöschern

bereits verbreiteten Kohlensäure (CO_2) kam neu Inergen zur Anwendung. Inergen besteht aus einer Mischung von 40% Argon, 52% Stickstoff und 8% Kohlendioxyd (CO). Wie bei allen Inertgasen beruht der Löscheffekt von Inergen auf der Verdrängung des Luftsauerstoffwertes von ca. 20,9 Vol.-% auf Werte < 15 Vol.-%.
Es ist nicht einfach, einen generellen Vergleich zwischen den verschiedenen gasförmigen Löschmitteln anzustellen. Der Fachmann wird alle entscheidenden Kriterien gegeneinander abwägen und die geeignetste Lösung vorschlagen.

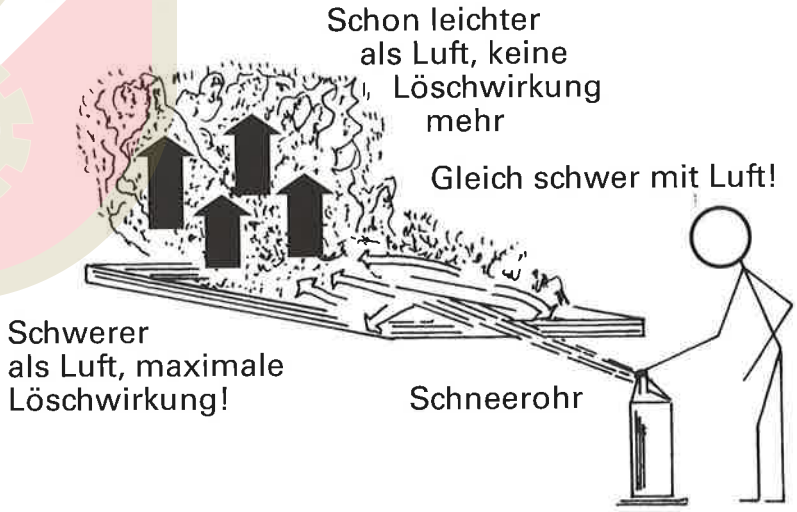
Vademecum

Das Löschgas-ABC

Grundsätze

Unter **«Löschgas»** werden im Brandschutz unbrennbare, gasförmige chemische Elemente bzw. chemische Verbindungen verstanden, die zum Löschen von Bränden oder zum Inertisieren zündfähiger Systeme Verwendung finden!

«Löschgas-Verfahren» nennt man die wirksamsten Anwendungsmethoden für Löschgase zur Brandbekämpfung!



Die Löschwirkung von CO_2

(rückstandfreies Löschmittel)

Das **konzentrationsfeindliche** Kohlenstoffdioxid (CO_2) löscht **sauber,** denn es lässt nach dem Löschen keine Verschmutzungen zurück, und es löscht durch **«Ersticken»**, weil Luft (Sauerstoff) verdrängt wird. – Es handelt sich also um eine **physikalische Wirkung,** wie aus dem Dichteverhältnis (Luft = 1 CO_2 = 1,53) zu ersehen ist. Dieser erstickende «Verdrängungseffekt» hält jedoch nicht lange an; er endet, wenn CO_2 eine Temperatur von 179 °C erreicht hat und Kohlenstoffdioxid spezifisch leichter wird als die Umgebungsatmosphäre (vergleiche dazu die häufigsten Brandstellentemperaturen von 800 °C bis 1400 °C [!], um zu ermessen, wie rasch das geht!). Die Löschwirkung ist somit **nur kurzzeitig!**

Praktisch tritt **keine Kühlwirkung** ein, wenngleich der Übergang vom Kohlenstoffdioxidschnee in CO_2-Gas (Sublimationseffekt) eine Wärmemenge von ca. 0,59 MJ/kg verbraucht; die Sublimation geht nämlich viel zu langsam vor sich, um sich erkennbar auszuwirken.

Die durchschnittlich ausreichende **CO_2-Konzentration** muss in der Lage sein, in einem gegebenen Volumen den **Sauerstoffanteil auf ca. 12%** herabzusetzen, wozu etwas mehr als **30%** CO_2 benötigt werden. Die **Raumerfüllung** des CO_2 ist daran abschätzbar, dass **aus 1 kg** flüssigem Kohlenstoffdioxid (im Druckgasbehälter) nach dem Ausströmen ins Freie beim Erreichen der gleichen Temperatur **rund 500 Liter CO_2-Gas** entstehen.

Kohlenstoffdioxid ist – soweit es den mobilen Löscheinsatz betrifft – in erster Linie für die Bekämpfung von Bränden der **Brandklasse B** (brennbare Flüssigkeiten – Flammenbrände) geeignet. Ob ein Löscherfolg bei Bränden der **Brandklasse C** (Brände brennbarer Gase) eintritt, ist davon abhängig, dass das brennende Gas keine zu hohe Verbrennungsgeschwindigkeit aufweist, das Flammenvolumen nicht zu gross ist und

der Ausströmdruck des brennenden Gases nicht wesentlich den Ausströmdruck des CO_2 übersteigt! – Bei Bränden der **Brandklasse A** (glutbildende Brände) kann nur die Flammenreaktion unterbunden werden, die Glut kann nicht nachhaltig gelöscht werden.

Keine Anwendung bei Bränden der Brandklasse D

(Brände brennbarer Metalle)

CO_2 wird bei Metallbränden in Kohlenstoff und Sauerstoff zerlegt und damit zum Lieferanten von Oxidationsmitteln! – Geeignet ist CO_2 speziell bei Bränden an elektrischen, elektronischen und feinmechanischen Einrichtungen sowie in gewerblichen Küchen, weil es mit diesem Löschmittel keine verschmutzenden oder korrosiven Rückstände gibt!

CO_2-Einsatzgeräte

Kohlenstoffdioxid wird über ortsfeste Löschanlagen sowie mit mobilen Geräten der *«Ersten und Erweiterten Löschhilfe»* zur Brandbekämpfung eingesetzt.

Tabelle 1

Physikalische Daten von CO_2	
Aussehen	farb- und geruchloses Gas
Dichte	1,9768
Dichteverhältnis (Luft = 1)	1,529
Sublimationspunkt	–78,48 °C
kritische Temperatur	+31,88 °C
kritischer Druck	73 bar
1 kg verflüssigtes CO_2	509 Liter gasförmig
1 Liter verflüssigtes CO_2	462 Liter gasförmig

... das Dichteverhältnis?
Luft kann verdrängt werden! – Stickeffekt!

... der Sublimationspunkt?
Vorsicht, Kälteschock!

... die kritische Temperatur?
CO_2-Druckgasbehälter sollen nicht lange der Sonnenbestrahlung ausgesetzt sein und nicht in Räumen aufgestellt werden, deren Temperatur 30 °C erreichen kann!

... der Vergleich flüssig/gasförmig
1 kg CO_2 kann 500 Liter Luft verdrängen!

(Abschätzung des Raumerfüllungsvermögens des Löschgases, Tabelle 1)

Tabelle 2

Theoretisch und zum Löschen praktisch notwendige Mindestmenge an CO_2 (Vol.-%)

Brennbares Gas	theoretisch	praktisch
Azetylen	55	66
Äthylalkohol	36	43
Äthylen	41	49
Benzin	28	34
Benzol	31	37
Butan	28	34
Butadien	34	41
Cyclopropan	31	37
Erdgas	31	37
Hexan	29	35
Methan	25	30
Pentan	29	35
Petroleum	28	34
Propan	30	36
Schwefelkohlenstoff	55	66
Wasserstoff	62	74

Zur Brandbekämpfung notwendige Mindestmengen an CO_2

Die in der Tabelle 2 angeführten «praktischen» Werte entstammen praktischen Versuchen: die theoretischen Werte liegen im Durchschnitt um ca. 20% niedriger.
Der tatsächliche CO_2-Bedarf hängt beim mobilen Löscheinsatz eben sehr stark von der Geschicklichkeit des Einsatzpersonals, von den Hindernissen an der Brandstelle und im Freien auch von den klimatischen Bedingungen ab.

Besonderheiten beim Einsatz von CO_2

Kohlenstoffdioxid ist stark temperaturabhängig. Beim Ausströmen aus der Löschdüse und Entspannung des Löschmittels an der Umgebungsatmosphäre treten Untertemperaturen zwischen –56 °C (Schmelzpunkt) und –79 °C (Sublimationspunkt) auf, die bei Einwirkung auf Metalle und Kunststoffe zu einem **Kälteschock** (Kälteschock kann, besonders bei EDV-Anlagen, negative Auswirkungen haben!) und dadurch zu Rissbildungen führen können.

Die Gefahr des Kälteschocks ist geringer, wenn anstatt der meist üblichen **«Schneerohre»** sogenannte **«Nebeldüsen»** Verwendung finden; abhängig von solchen Löschdüsen, kann Kohlenstoffdioxid als «CO_2-Schnee» (Trockeneis, festes CO_2) oder als «CO_2-Nebel» (Aerosol aus festem, flüssigem und gasförmigem CO_2) eingesetzt werden.

Einsatzmethode mit mobilen CO_2-Löschgeräten

- Mit der Windrichtung angreifen!
- Gasbrände möglichst mit Nebeldüsen bekämpfen!
- CO_2 ruhig und gleichförmig von oben her über brennende Flüssigkeiten legen![1)]
- Mehrere CO_2-Löschgeräte **gleichzeitig** einsetzen![2)]

1) Jede hastige Bewegung ist zu vermeiden; dies zerstört die sich bildende Gasglocke aus Kohlenstoffdioxid, die den Luftabschluss bewirken soll.

2) Ansonsten wird besonders im Freien die durchschnittlich notwendige Löschkonzentration von 30 Vol.-% nicht erreicht, wenn die Brandfläche mehr als 2 Quadratmeter ausmacht.

Wirkung von CO_2	
Vol.-%	**Wirkung**
2	leichte Steigerung der Atmungsfrequenz
3	erstes Unbehagen
4	deutliche Steigerung der Atmungsfrequenz
4...5	Unruhe, Unbehagen, Blutdruckanstieg, Wärmegefühl am Hals, Schleimhautreizung
5...6	Ohrensausen, Atemnot, Angstzustände, Kopfschmerzen, Schweissausbruch, Herzklopfen, Atemnot, Ohnmachtsanfälle
6...8	kaum mehr leistungsfähig, Krampfzustände nach 20 Minuten lebensbedrohend
8...10	Schwindel, Taumeln, Erbrechen, Apathie, Haut färbt sich blau, Atemstillstand
20	schneller Eintritt des Todes
30	innerhalb von Sekunden Bewusstlosigkeit, nach wenigen Minuten Tod!

Die Atmung wird bereits beeinflusst, wenn in der Einatemluft mehr als die normal ca. 0,03 Vol.-% CO_2 enthalten sind. Kohlenstoffdioxid regt das Atmungszentrum an; deshalb wird eine geringe Erhöhung der 0,03 Vol.-% zuerst als eine Steigerung der Leistungsfähigkeit empfunden; um so stärker aber machen sich kurz danach die negativen Wirkungen bemerkbar!

Der MAK-Wert von 5000 ppm gehört zu den höchsten und zeigt, dass an sich Kohlenstoffdioxid kaum nachhaltige oder chronische Erkrankungen verursacht. Meist genügt es, den Betroffenen an die frische Luft zu bringen, wo er sich in der Regel rasch wieder erholt.

Bei der Brandbekämpfung besteht **Erstickungsgefahr,** wenn der Luftsauerstoff verdrängt wird, was bei den hohen erforderlichen Löschkonzentrationen immer der Fall ist. Die Anwendung von CO_2 in engen und schlecht lüftbaren Räumen mit mobilem Löscheinsatz ist deshalb in der Regel mit Atemschutz (Isoliergeräte) vorzunehmen und ortsfesten Löschanlagen vorbehalten, wobei während der Flutungsperioden das Betreten des Brandraumes untersagt ist!

- Keine Anwendung bei Metallbränden! (Brandklasse D)
- Kein mobiler Einsatz in engen, schlecht lüftbaren Räumen ohne Atemschutzgeräte!

Schutzvorkehrungen

- Geflutete Räume vor dem Betreten gründlich lüften!
- Ansonsten unbedingt **Atemschutz** (Isoliergeräte) verwenden!

Je länger die Vorbrennzeit vor dem Einsatz von CO_2 ist, um so grössere Mengen davon werden für den Löscherfolg benötigt.

Einsatzregeln

- Bei Bränden in **elektrischen Anlagen** unbedingt die Sicherheitsabstände einhalten.
- In geschlossenen, engen Räumen **Atemschutz** (Isoliergeräte) anlegen! – Es können erstickende CO_2-Konzentrationen auftreten.
- Zumindest **Schutzhandschuhe** verwenden, weil mit den CO_2-Handfeuerlöschern sehr nahe an den Brandherd herangegangen werden muss!
- Beim Einsatz von CO_2 können starke **elektrostatische Aufladungen** eintreten, die sich über Funkenstrecken von 4–5 cm mit zündfähigen Funken entladen (z. B. von Kupplungen zu geerdeten Anlagenteilen)!
- CO_2-Schnee und tiefkalte Löschgeräteteile **nicht berühren, Verletzungsgefahr!**
- **Mit Rückzündungen rechnen!** – Auch nach dem Ablöschen gibt es vielleicht noch zündfähige Systeme und heisse Oberflächen, die ein Wiederentflammen ermöglichen.

Löschmittel: CO_2

Anwendung	Beispiele, Bemerkungen
Handfeuerlöscher	Nutzungen mit Bränden der Klassen A (nur Anfangsstadium), B, C und E)
Einrichtungsschutz[1]	Druckwalzen, Lösungsmittel-Waschtröge, Beschichtungsmaschinen, Aluminium-Walzmaschinen, Härteölbäder, Generatoren- und Umformergruppen, Werkzeugmaschinen, Kochherde in gewerblichen Küchen
Raumschutz[1]	Räume ohne ständige Personenbelegung, wie Lösungsmittellager, Trafozellen, elektrische Schall- und Relaisräume etc. Flutung erst, wenn Personen den Raum verlassen haben.

[1] Brandschutz-Vorschriften VKF und Dokumentation Sicherheitsinstitut beachten.

Halone

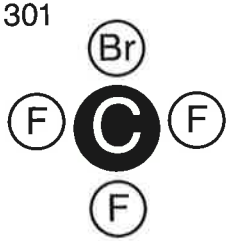
(halogenierte Kohlenwasserstoffe)

(s. auch Seite 105)

- ein rückstandfreies Löschmittel

Halone sind «halogenierte» Kohlenwasserstoffe.

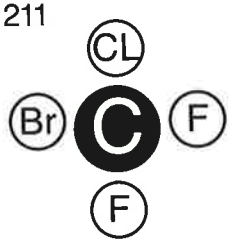
1301



122

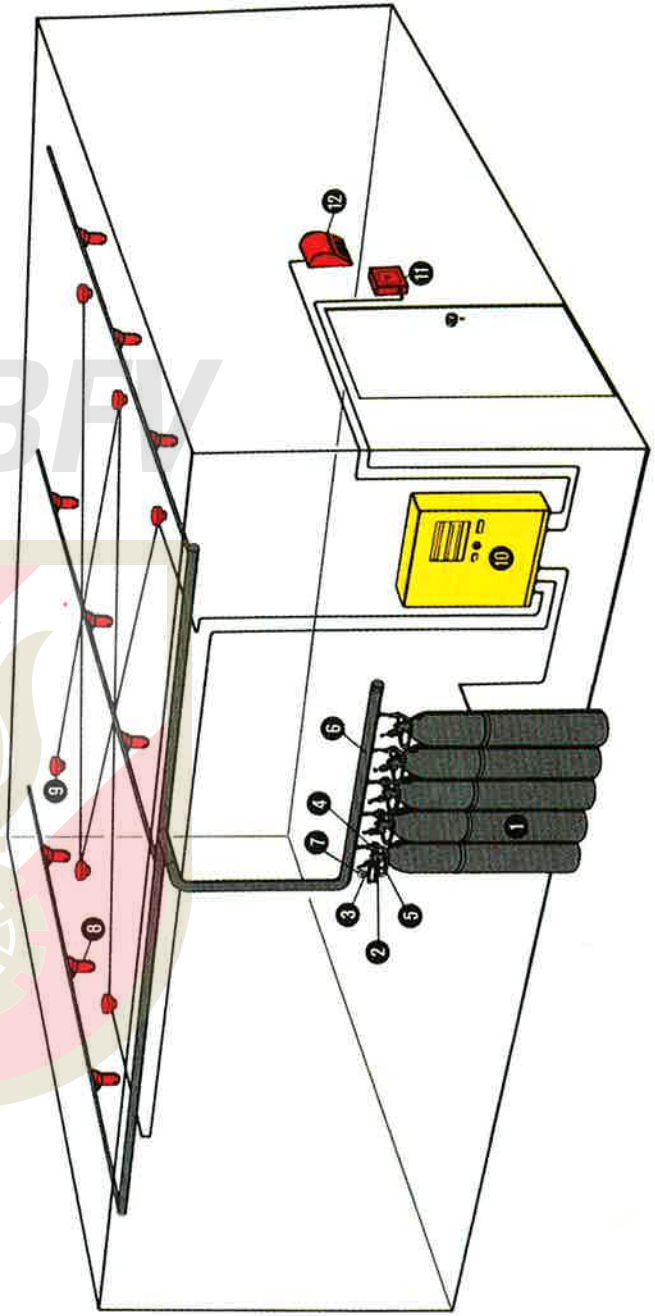
Halogene werden die chemischen Elemente Fluor, Chlor, Brom und Jod genannt.

1211



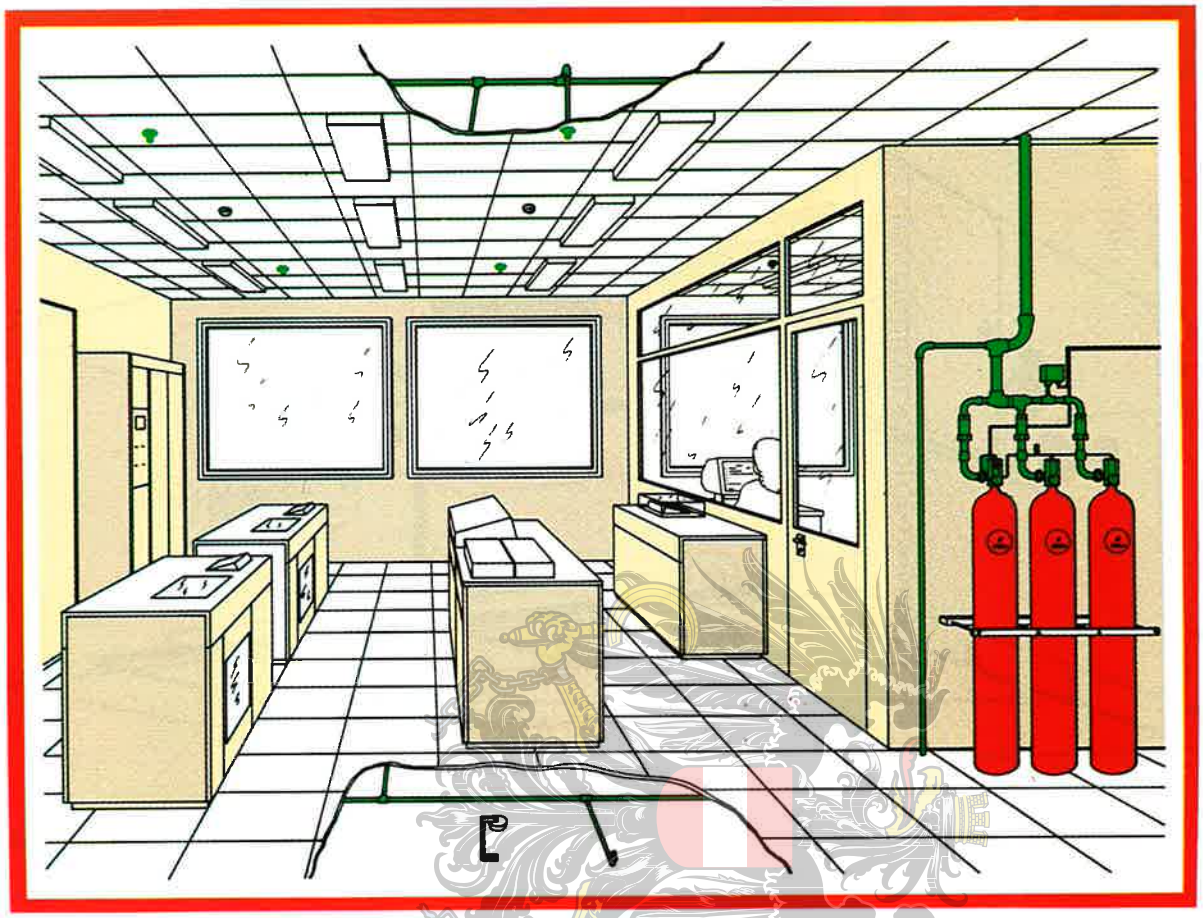
Man erhält **Halone,** wenn man den Wasserstoff (z. B. des Methans) (CH_4) durch Halogene ersetzt!

CO_2-Feuerlöschanlage
(Schematische Darstellung)



1 CO_2-Flaschen
2 Schnellöffnungsventile
3 Auslösehebel
4 Rückschlagventil
5 Anschlussrohr
6 Sammelrohr
7 Auslöseeinrichtung
8 Löschdüsen
9 Brandmelder
10 Brandmeldezentrale
11 Handmelder
12 Signalgeber

ÖBFV

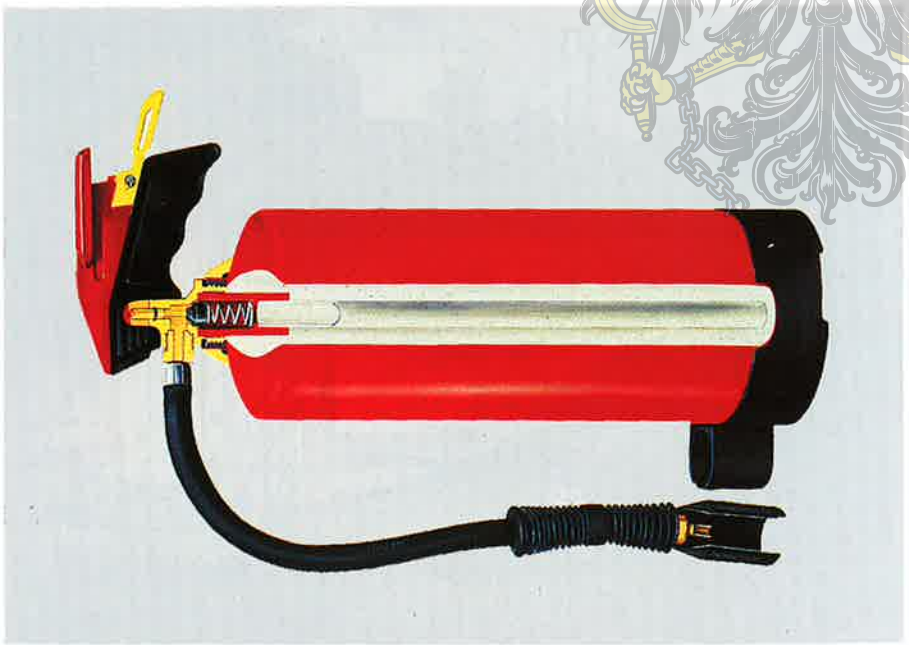


Stationäre Halon-Löschanlage in EDV-Raum

Oben: CO_2

Unten: Halon

CO_2-Handfeuerlöscher



Handfeuerlöscher Halon

Methan

Kohlenstoff		C
Wasserstoff		H
Fluor	Halogene	F
Chlor	Halogene	CL
Brom	Halogene	Br
Jod	Halogene	J

Halone löschen durch **direkten chemischen Eingriff** in die **chemische Verbrennungsreaktion,** während sich alle anderen Löschmittel – im Grunde genommen – **physikalischer Umwege** bedienen:

Wasser	Kühlung; **Änderung** des Temperaturzustandes des Brandstoffes
Schaum	**Verhinderung** der Vermischung brennbarer Gase und Dämpfe mit dem Luftsauerstoff durch «Dazwischenschieben» einer Schaumdecke
Löschpulver	**Abbremsen** der Reaktionsgeschwindigkeit im Verbrennungsvorgang durch negative Katalyse
CO_2	**Verdrängen** des Oxidationsmittels (z. B. Sauerstoff)
Halone	**Direkte Blockierung der Brandstoffradikale mit Halogenen durch chemische Verbindung mit den ersteren**

ÖBFV

Die Löschwirkung der Halone

Bringt man ein Halon in die Flammenzone ein, so beginnt es sich ab einer Erwärmung von 450 °C zu zersetzen, es spalten sich je nach Zusammensetzung des Halons die Halogene Brom, Chlor und Fluor (Jodverbindungen werden derzeit kaum im Brandschutz eingesetzt) in dieser Reihenfolge ab, und zwar:

Brom ab 450 °C
Chlor ab 650 °C
Fluor ab 850 °C

Gleichzeitig aber brechen ebenso die Kohlenwasserstoffketten ab und bilden brennbare Radikale, als auch Sauerstoffmoleküle in atomaren Sauerstoff zerlegt werden und durch die Verbrennung der Kohlenwasserstoffe Wasserdampf, CO und CO_2 entstehen.
In diesem Zustand bildet die Flammenzone eine Summe sehr labiler, chemischer Verbindungen und verbindungsfreudiger, chemischer Elemente.

Die aus dem Halon freigewordenen **Halogene besitzen nun die Eigenschaft, sich noch rascher als der** – an sich schon sehr verbindungsfreudige – **Sauerstoff mit den Brandstoffradikalen chemisch zu verbinden** und auf diese Weise die Aufnahme von Sauerstoff zu unterbinden: die Kettenreaktion der Verbrennung beginnt abzubrechen, es tritt sofort eine unvollständige Verbrennung und bald danach der Löscherfolg ein!

Brandklassen-Eignung der Halone

In der Regel wird 1211 in Handfeuerlöschern, 1301 in ortsfesten Halon-Löschanlagen und 2402 für Flugzeug-Löschanlagen eingesetzt.

Leider besteht international keine einheitliche Zuordnung der Halone zu den Brandklassen; in den meisten Ländern sind die am häufigsten verwendeten Halone 1211 und 1301 nur für die Brandklassen B (brennbare Flüssigkeiten – Flammbrände) und C (Brände brennbarer Gase) zugelassen, in den USA und in der Schweiz z. B. jedoch auch für die Brandklasse A (glutbildende Brände) und E (Brände an elektrischen Anlagen). Für Brände der Brandklasse D (Brände brennbarer Metalle) ungeeignet.

Was sagt uns
... das Dichteverhältnis?
Luft kann verdrängt werden! – Stickeffekt!

... der Siedepunkt?
1301 ist immer gasförmig!
1211 strömt vorerst flüssig aus!

... die kritische Temperatur?
Halone sind problemlos und bei normalen Temperaturen lagerbar!

Chemische und physikalische Daten der Halone 1211 und 1301

Daten	1211	1301
Formel	CF_2ClBr	CF_3Br
Siedepunkt	– 4,1 °C	– 57,8 °C
Erstarrungspunkt	– 160,5 °C	– 168,0 °C
Kritische Temperatur	+ 154,6 °C	+ 67,0 °C
Dichteverhältnis (Luft = 1)	5,7	5,14
ALC unzersetzt	2200 mg/	5075 mg/l
ALC zersetzt bei 800 °C	52 mg/l	86 mg/l

ALC = Approximative Letal Concentration (annähernd tödliche Konzentration, **bei Tieren nach 15 Minuten)**

Gefahren durch Pyrolyseprodukte
(Zersetzungsprodukte)

Die Daten der Inertisierungskonzentration zeigen, dass diese häufig beim kritischen Wert von 7,0 Vol.-% liegen oder diesen auch deutlich überschreiten können. Man sollte daher die Löschkonzentrationen der Halone nicht pauschal als ungefährlich bezeichnen. Es gilt auch hier, wie immer: **Auf die erforderliche Menge kommt es an!**

Bei etwas längeren Vorbrennzeiten (die Temperatur der beginnenden Halonzersetzung von 450 °C ist schnell erreicht) treten toxische Gefahren durch die entstehenden **Pyrolyseprodukte** auf.

Löschwirksame Konzentrationen (Vol.-% bei 1 bar und 25 °C			**Inertisierungskonzentration**
Auslegung = Bedarf und 20% Sicherheitsfaktor			**1301**
Brandstoff	Auslegung* 1211	1301	
Aceton	5,0	5,0	7,6
Äthanol	5,0	5,0	11,1
Äthylen	8,6	8,2	13,2
Benzol	5,0	5,0	5,0
Methan	5,0	5,0	7,7
Heptan	5,0	5,0	6,9
Propan	5,8	5,2	6,7
Wasserstoff	22,6	20,0	31,4
	*) NFPA-Empfehlung		

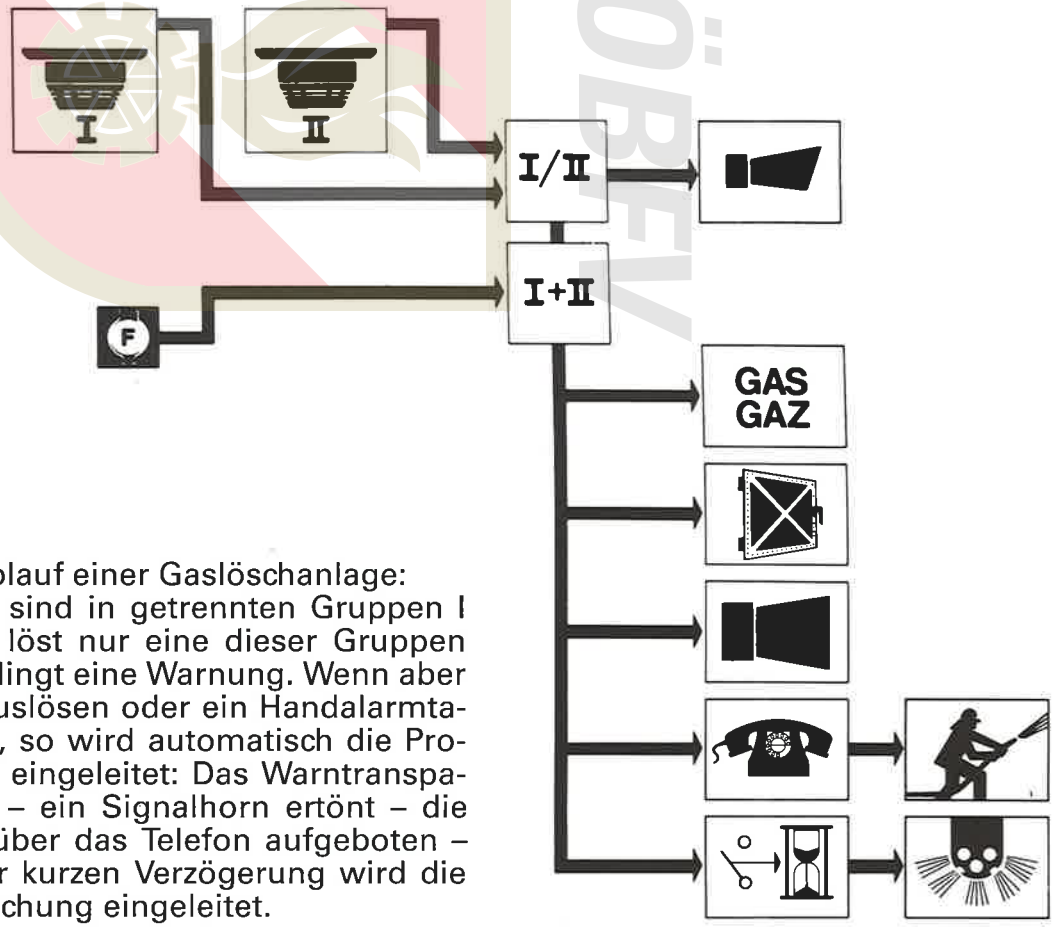
Aus allen geschilderten nachteiligen Erscheinungen muss gefolgert werden, dass die Anwendung von Halonen als Löschmittel möglichst
noch im Brandentstehungs-Stadium
erfolgen sollte; denn erst nach längerer Branddauer und entsprechend hohen Brandstellentemperaturen treten möglicherweise Gefahren auf!

Einsatzregeln
(Handfeuerlöscher und mobile Geräte)

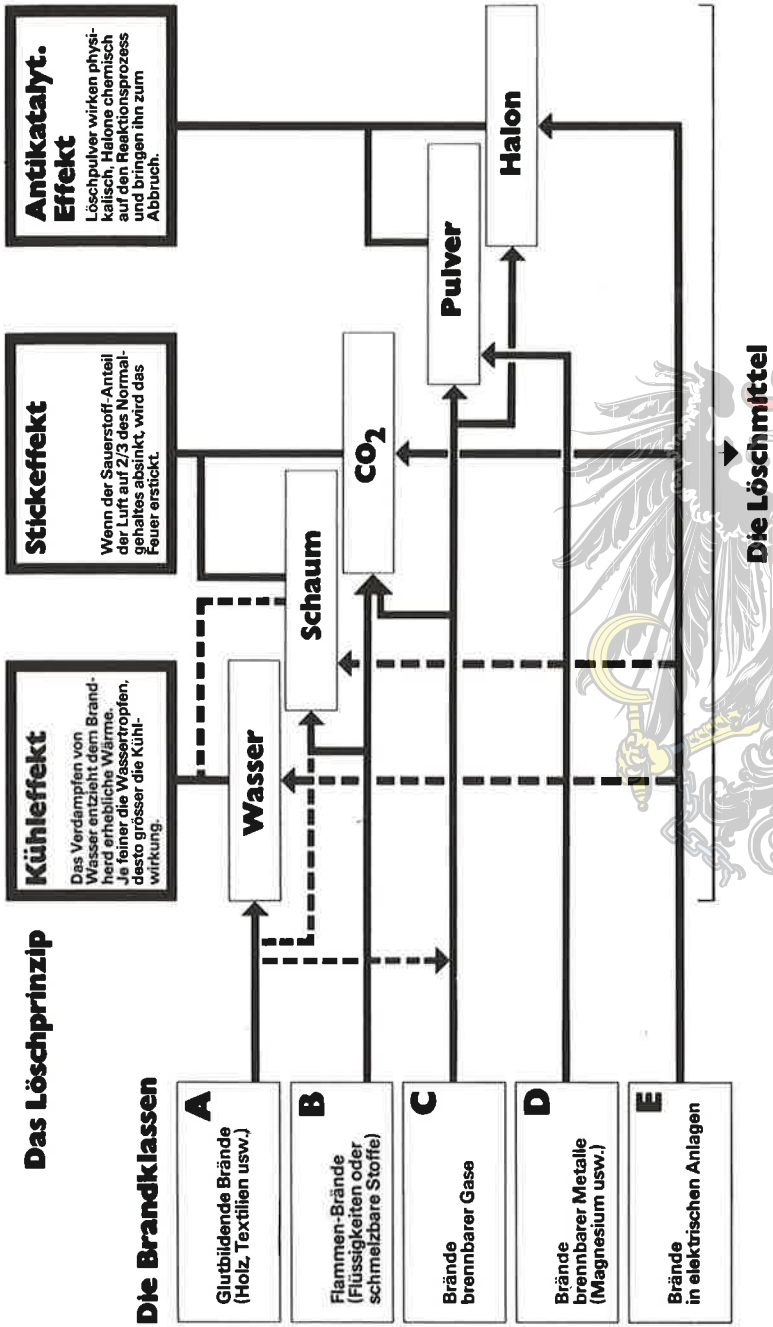
- Mit der Windrichtung angreifen
- Bei Bränden in **elektrischen Anlagen** unbedingt die Sicherheitsabstände einhalten
- Schutzhandschuhe verwenden
- In geschlossenen engen Räumen bei der Brandbekämpfung **Atemschutz** (Isoliergeräte) verwenden
- Mit Rückzündungen rechnen
- Sofort nach dem Ablöschen: Brandräume **gut durchlüften**
- Bei Auftreten von Korrosionserscheinungen rasch geeignete **Sanierungsmassnahmen** einleiten

Halon	Anwendung	Beispiele, Bemerkungen
Halon 1211	Handfeuerlöscher	Nutzungen mit Bränden der Klasse A (nur Anfangsstadium), B, C und E
	Einrichtungsschutz	Druckwalzen, Lösungsmittel-Waschtröge, Beschichtungsmaschinen
	Raumschutz[1)]	Räume ohne ständige Personenbelegung, wie Lösungsmittellager, EDV-Anlagen, offene Keller unter Druckereimaschinen; Flutung erst, wenn Personen den Raum verlassen haben
Halon 1301	Handfeuerlöscher	nur ausnahmsweise (geringe Wurfweite)
	Einrichtungsschutz	wie Halon 1211
	Raumschutz[1)]	EDV-Anlagen, Räume mit Personenbelegung; sofortige Flutung für Konzentrationen zwischen 5 und 10 Vol.-% zugelassen

[1)] Brandschutz-Vorschriften und einschlägige Normen beachten



Automatischer Ablauf einer Gaslöschanlage:
Die Brandmelder sind in getrennten Gruppen I und II aufgeteilt; löst nur eine dieser Gruppen Alarm aus, so erklingt eine Warnung. Wenn aber beide Gruppen auslösen oder ein Handalarmtaster bedient wird, so wird automatisch die Programmsteuerung eingeleitet: Das Warntransparent leuchtet auf – ein Signalhorn ertönt – die Feuerwehr wird über das Telefon aufgeboten – nach Ablauf einer kurzen Verzögerung wird die automatische Löschung eingeleitet.



Das Löschmittel Halon und die Umwelt

Das als Ozonloch bekannt gewordene Phänomen hat die Chlor-Fluor-Kohlenwasserstoffe (CFKW) wieder in die öffentliche Diskussion gebracht. Diese vor allem als Kühl- und Treibmittel verwendeten Verbindungen sind die Ursache für einen langsamen Abbau der schützenden Ozonschicht in der Stratosphäre. Die Löschmittel «Halone» gehören derselben chemischen Gruppe an, und ihr Einsatz ist ebenfalls unter Beschuss geraten. Das «Abkommen von Montreal über Substanzen, welche die Ozonschicht abbauen» hat in der Folge die Verwendung von Halon stark eingeschränkt.

Die Verwendung von Halonen wurde in der «Verordnung über umweltgefährdende Stoffe» (Stoffverordnung) des Bundes vom 9. 6. 1986 (Stand per 1. 1. 1996) geregelt. Nach dieser Regelung ist das Einführen und Abgeben von ozonschichtabbauenden Löschmitteln wie Halone sowie Geräten und stationären Anlagen, die solche Löschmittel enthalten, grundsätzlich verboten.

Das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) empfiehlt Geräte und stationäre Anlagen mit ozonschichtabbauenden Löschmitteln durch umweltfreundlichere Einrichtungen zu ersetzen.

Handfeuerlöscher mit Halon dürfen seit 1992 nicht mehr neu in den Verkehr gebracht werden, bestehende Geräte für die Brandbekämpfung jedoch noch verwendet, aber nicht mehr nachgefüllt werden.

Stationäre Gaslöschanlagen mit Halon dürfen seit 1992 nicht mehr eingebaut werden, für die Brandbekämpfung noch verwendet, aber nur noch bis zum 31. 12. 2002 aus vorhandenen Beständen nachgefüllt werden.

Gesetzliche Grundlagen, Reglemente, Richtlinien, Normen

Vereinigung Kant. Feuerversicherungen (VKF), Bundesgasse 20, 3011 Bern

Schweiz. Feuerwehrverband (SFV), Postfach 245, 3000 Bern 16

Schweizerisches Institut zur Förderung der Sicherheit (vormals BVD), Nüschelerstrasse 45, 8001 Zürich

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), 3003 Bern

Beratungsstelle für Brandverhütung (BfB), Bundesgasse 20, 3011 Bern

Schweizerischer Verein für technische Inspektionen (SVTI), Eidg. Gefahrengutinspektorat, Überlandstrasse 129, 8600 Dübendorf

Schweizerische Unfallversicherungsgesellschaft (SUVA), Postfach, 6002 Luzern

Brandschutz-Literatur, Fachbücher über den präventiven und aktiven Brandschutz

Schweiz. Feuerwehrzeitung, SFV, Postfach 245, 3000 Bern 16

«Sicherheit» Sicherheitsinstitut, Nüschelerstrasse 45, 8001 Zürich

Schweiz. Feuerwehr-Kalender, Postfach 8326, 3001 Bern

RID **R**èglement **I**nternational concernant le transport des marchandises **D**angereuses par chemin de fer
(Ordnung für die internationale Beförderung gefährlicher Güter mit der Eisenbahn)

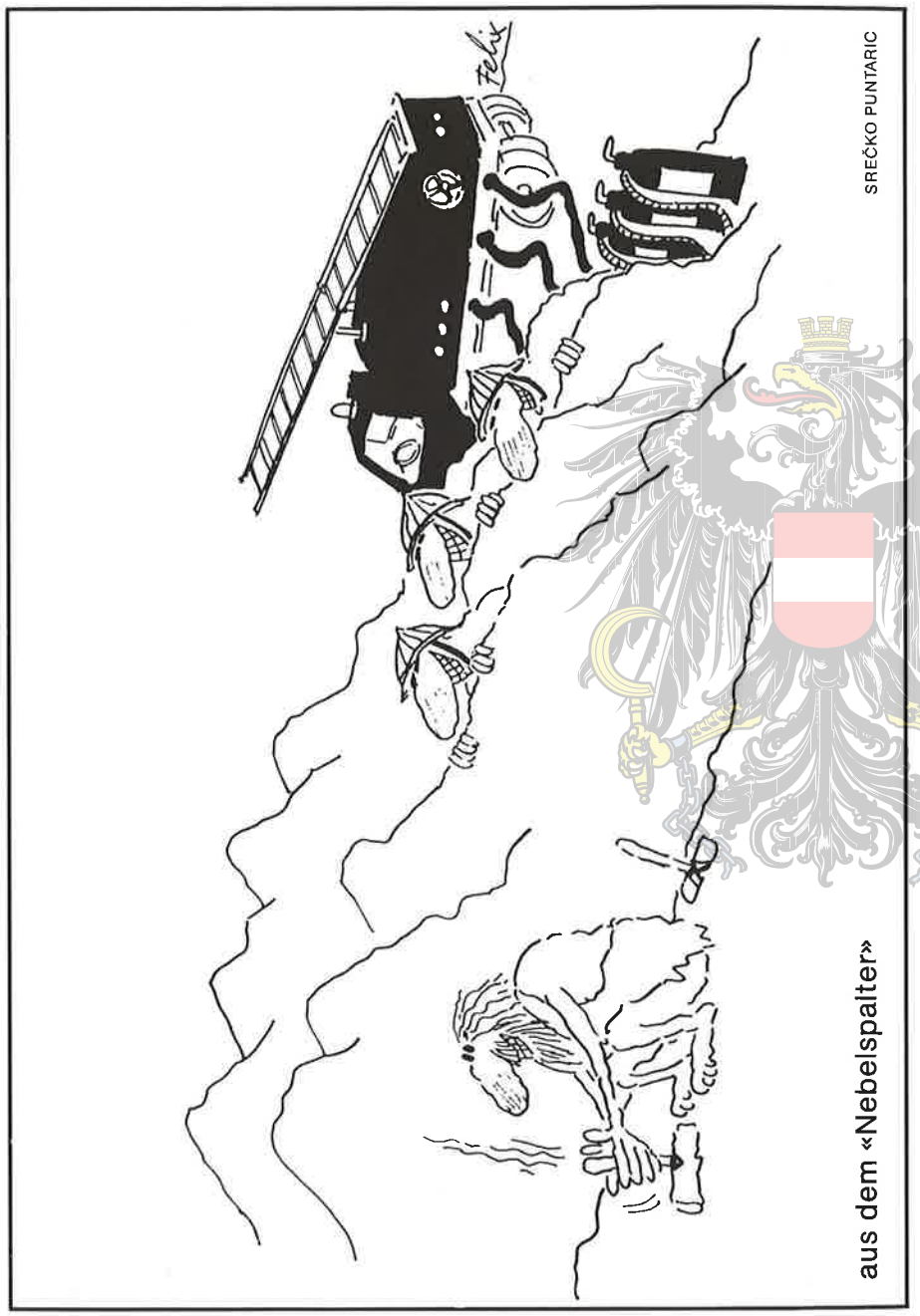
RSD **R**èglement **S**uisse concernant le transport des marchandises **D**angereuses par chemin der fer
(Ordnung für die schweizerische Beförderung gefährlicher Güter mit der Eisenbahn)

ADR **A**ccord européen relatif au transport international des marchandises **D**angereuses par **R**oute
(Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse)

SDR Ordonnance **S**uisse relative au transport des marchandises **D**angereuses par **R**oute
(Verordnung über die schweizerische Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse)

Fotonachweis

Schweiz. Feuerwehrzeitung, BVD-Bulletin, Berufsfeuerwehren von Basel, Bern und Zürich; Feuerwehrverein Kanton Bern; Schweiz. Feuerwehrkalender.



SREČKO PUNTARIC

aus dem «Nebelspalter»

Bestellung

..... Ex. **Schweiz.Feuerwehr-Kalender**
Fr. 13.40 pro Ex.

..... Ex. Broschüre **Strassenrettung**
Fr. 26.80 pro Ex.

..... Ex. Broschüre **Die Löschmittel**
Fr. 28.50 pro Ex.

..... Ex. Broschüre **Feuerwehrleitern**
Fr. 28.– pro Ex.

..... Jahresabonnement(e) à Fr. 52.–,

..... Probenummern
Schweizerische Feuerwehr-Zeitung

- **Kalender und Broschüren** sind auch in französischer Sprache lieferbar!
- Ab 10 Ex. 10% Rabatt
- jeweils zuzüglich Versandspesen
- Preisänderungen vorbehalten

Vorname/Name: .....

Strasse: .....

PLZ/Ort: .....

Datum: ..... Unterschrift: .....

Bitte einsenden oder faxen an
Verlag Schweiz. Feuerwehr-Kalender
Postfach 8326, 3001 Bern
Fax 031/300 66 99
E-Mail Abonnemente@staempfli.com

ÖBFV

ÖBFV