

Verbrennungslehre Löschlehre

Lehrgang
Gruppenführung

Inhaltsverzeichnis

1.	Physikalisch- chemische Grundlagen	4
1.1.	Grundbegriffe.....	4
1.1.1.	Oxidation	4
1.1.2.	Verbrennung	4
1.1.3.	Feuer	4
1.1.4.	Flamme.....	4
1.1.5.	Glut.....	5
1.1.6.	Zündtemperatur	5
1.1.7.	Flammpunkt.....	5
1.1.8.	Brennpunkt	5
1.1.9.	Explosion	5
1.1.10.	Explosionsgrenzen.....	6
1.2.	Vorbedingungen für die Verbrennung	7
1.2.1.	Stoffliche Voraussetzungen	7
1.2.1.1.	Sauerstoff	7
1.2.1.2.	Brennbarer Stoff	8
1.2.1.3.	Mengenverhältnis	8
1.2.2.	Energetische Voraussetzungen	8
1.2.2.1.	Mindestverbrennungstemperatur	9
1.2.2.2.	Katalysator.....	9
2.	Löschwirkungen.....	9
2.1.	Löschen durch Ersticken.....	9
2.1.1.	Verdünnen	9
2.1.2.	Abmagern	9
2.1.3.	Trennen	10
2.2.	Löschen durch Abkühlen.....	10
2.3.	Löschen durch antikatalytischen Effekt	10
3.	Löschmittel	10
3.1.	Löschmittel Wasser.....	11
3.1.1.	Eigenschaften des Wassers.....	11
3.1.2.	Löschwirkung.....	11
3.1.3.	Einsatzform des Wassers	11
3.1.4.	Anwendungsmöglichkeiten	12
3.1.5.	Bedingte Anwendung von Wasser als Löschmittel	13
3.2.	Löschmittel Schaum.....	13

3.2.1.	Löschwirkung.....	14
3.2.2.	Einsatzform des Schaums	14
3.2.3.	Anwendungsmöglichkeiten	14
3.2.4.	Geräte zur Schaumabgabe	15
3.2.5.	Umweltschutzmaßnahmen beim Umgang mit Schaum	16
3.3.	Löschpulver	16
3.3.1.	Löschwirkung.....	16
3.3.2.	Anwendungsmöglichkeiten	16
3.4.	Löschmittel Kohlendioxid	16
3.4.1.	Löschwirkung.....	17
3.4.2.	Anwendungsmöglichkeiten	17
3.5.	Löschmittel Inergen.....	17
3.5.1.	Löschwirkung.....	18
3.5.2.	Anwendungsmöglichkeiten	18
4.	Quellenhinweise	18

1. Physikalisch- chemische Grundlagen

1.1. Grundbegriffe

1.1.1. Oxidation

Die Verbindung eines Stoffs mit Sauerstoff (Oxygenium) wird als Oxidation bezeichnet. Bei Oxidationsvorgängen wird ein Teil der Energie des oxidierenden Stoffes als Wärme frei.

Je nach Geschwindigkeit unterscheidet man:

- Langsam verlaufende Oxidation ohne Feuererscheinung (rosten, verwesen, gären)
- Schnell verlaufende Oxidation mit Feuererscheinung (brennen, Explosion)

1.1.2. Verbrennung

Eine Oxidation, die unter Feuererscheinung verläuft, nennt man Verbrennung.

Definition:

Die Verbrennung ist ein chemischer Vorgang, bei dem sich ein brennbarer Stoff unter Feuererscheinung (Licht- und Wärmeentwicklung) mit Sauerstoff verbindet.

Der eigentliche chemische Vorgang verläuft zwischen den Atomen nach Gesetzmäßigkeiten. Die Lichterscheinung ist ein physikalischer Vorgang.

1.1.3. Feuer

Das Feuer ist die äußere, sichtbare Begleiterscheinung einer Verbrennung (Lichtstrahlen). Feuer tritt je nach brennbarem Stoff als Flamme oder Glut oder als Flamme und Glut auf.

- | | | |
|----------------------|---------------------|---|
| ▪ Feststoffbrände | mit Flamme und Glut | (Holz, Papier, Kohle) |
| | nur mit Glut | (Koks, Holzkohle) |
| ▪ Flüssigkeitsbrände | nur mit Flamme | (ab Übergang in Dampf Phase, Wachs, Harz) |
| ▪ Gasbrände | nur mit Flamme | (Gase und Dämpfe) |
| ▪ Metallbrände | nur mit Glut | (Magnesium) |

1.1.4. Flamme

Die Flamme ist ein brennender und dabei Licht aussendender Gas- oder Dampfstrom. Die Flamme besteht aus 3 verschiedenen Zonen. Sie werden als **Gaszone, Glühzone und Verbrennungszone** bezeichnet.

1.1.5. Glut

Unter Glut (glühen, glimmen) versteht man die bei hohen Temperaturen stattfindende Lichtausstrahlung eines festen Stoffes. An der Glutfarbe ist die Temperatur des glühenden Stoffes zu erkennen.

- Dunkelrotglut 525°C
- Dunkle Rotglut 700°C
- Helle Rotglut 900°C
- Gelbglut 1100°C
- Beginnende Weißglut 1300°C
- Blendende Weißglut 1500°C

1.1.6. Zündtemperatur

Die Zündtemperatur ist die niedrigste Temperatur einer erhitzten Oberfläche eines Stoffes, an der ein brennbarer Stoff mit Luft-Sauerstoff zum Brennen angeregt wird.

1.1.7. Flammpunkt

Der Flammpunkt einer brennbaren Flüssigkeit ist die niedrigste Flüssigkeitstemperatur, bei der sich Dämpfe in solchen Mengen entwickeln, dass über dem Flüssigkeitsspiegel ein durch Fremdzündung entzündbares Dampf/Luft-Gemisch entsteht. Wird eine Zündquelle diesem Gemisch zugeführt, entzündet sich das Dampf/Luft-Gemisch. Wird die Zündquelle entfernt, erlischt das Dampf/Luft-Gemisch wieder.

1.1.8. Brennpunkt

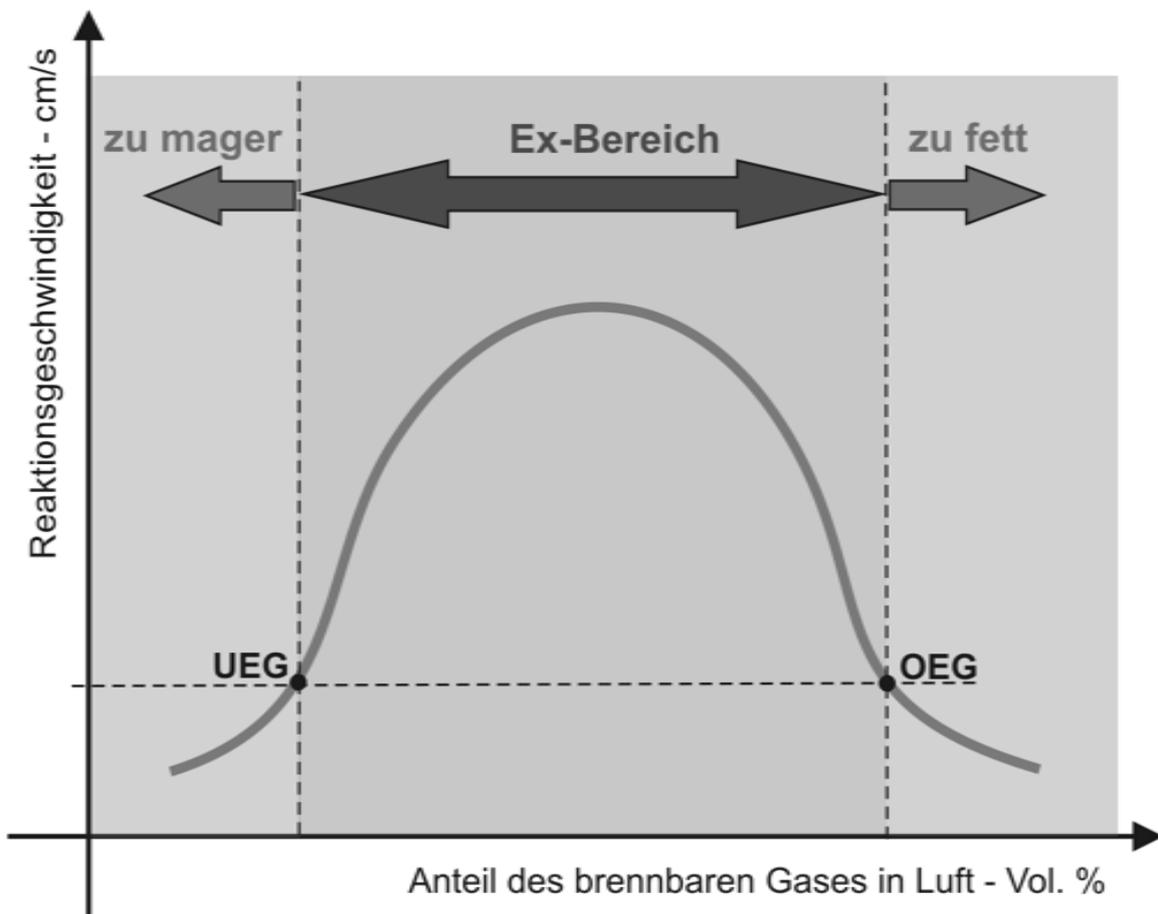
Der Brennpunkt einer brennbaren Flüssigkeit ist die Flüssigkeitstemperatur, bei der sich Dämpfe in solchen Mengen entwickeln, dass über dem Flüssigkeitsspiegel ein durch Fremdzündung entzündbares Dampf/Luft-Gemisch entsteht und bei Wegnahme der Zündquelle selbständig weiterbrennt.

1.1.9. Explosion

Eine Explosion ist die Bezeichnung für eine schnelle Oxidations- oder Zerfallreaktion mit plötzlich ansteigender Temperatur und/oder des Drucks. Dabei kommt es zu einer Volumenausdehnung von Gas. Dieses Gas bewegt sich rasch weiter. Breiten sich die Gase mit km/s aus, so spricht man von einer Detonation. Liegt die Ausbreitungsgeschwindigkeit bei m/s, liegt eine Deflagration vor. Und eine Verpuffung läuft bei cm/s ab.

1.1.10. Explosionsgrenzen

Gemische aus brennbaren Gasen oder Dämpfen mit Luft sind innerhalb bestimmter Mischungsverhältnisse explosionsfähig. Die Gemische haben eine untere Explosionsgrenze (UEG) und eine obere Explosionsgrenze (OEG). Den Bereich unterhalb der unteren Explosionsgrenze bezeichnet man als zu mageres Gemisch, den Bereich oberhalb der oberen Explosionsgrenze bezeichnet man als zu fettes Gemisch. In diesen Bereichen kann es nicht zu einer Explosion kommen. Wenn eine Gaskonzentration innerhalb der Explosionsgrenzen auftritt, wird dieses als explosionsfähige Atmosphäre bezeichnet.



Explosionsgrenzen in der Luft

Stoff	UEG in Vol.-%	OEG in Vol.-%
Acetylen	1,5	82,0
Ammoniak	15,0	28,0
Benzindämpfe	0,6	8,0
Essigsäure	4,0	17,0
Methanol	5,5	26,5
Propan	2,1	9,5
Wasserstoff	4,0	75,6

UEG: Untere Explosionsgrenze

OEG: Obere Explosionsgrenze

1.2. Vorbedingungen für die Verbrennung

Zu den Voraussetzungen einer Verbrennung zählt man:

die stofflichen Voraussetzungen

- Brennbarer Stoff
- Sauerstoff
- das richtige Mengenverhältnis

die energetischen Voraussetzungen

- Vorhandene Zündtemperatur
- Mindestverbrennungstemperatur
- Anwesenheit freier Radikale (Katalysator)

1.2.1. Stoffliche Voraussetzungen

1.2.1.1. Sauerstoff

Sauerstoff ist ein farb-, geruch- und geschmackloses Gas, das zur Verbrennung notwendig ist. In der Luft ist er zu etwa 20,95 Vol% enthalten. Je größer der Anteil Sauerstoff in der Luft ist, umso schneller verläuft die Verbrennung. Bei reinem Sauerstoff steigert sich die Verbrennungsgeschwindigkeit.

1.2.1.2. Brennbarer Stoff

Als brennbare Stoffe bezeichnet man feste, flüssige (flüssig werdende) oder gasförmige Stoffe, die in Verbindung mit dem Sauerstoff der Luft zum Brennen angeregt werden können. Entsprechend ihres Aggregatzustandes und ihrem Brandverhalten werden sie in Brandklassen eingeteilt.

Brandklasse	Symbol	Brandstoff	Erscheinungsbild	Beispiele
A		feste, nicht schmelzende 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, Erdgas, Methan, Wasserstoff
D		Metalle	Glut und Flammen	Natrium, Magnesium, Aluminium
F		Speisefette und -öle in Frittier- und Fettbackgeräten	Flammen	Speisefett, Speiseöl

1.2.1.3. Mengenverhältnis

Brennbarer Stoff und Sauerstoff können nur miteinander reagieren, wenn sie in Kontakt stehen und in einem günstigen Mengenverhältnis vorliegen. Dieses günstige Mengenverhältnis ist abhängig vom brennbaren Stoff und stellt ein mehr oder weniger großes Konzentrationsintervall dar. Außerhalb dieses Konzentrationsintervalls ist eine Reaktion im Sinne des Brennens nicht mehr möglich.

1.2.2. Energetische Voraussetzungen

Die meisten Reaktionen zwischen brennbarem Stoff und Sauerstoff sind gehemmt. Damit es zum Brennen kommt, bedarf es eines energetischen Anstoßes. Die erforderliche Temperatur, die zum Einleiten des Brennens notwendig ist, wird als **Zündtemperatur** bezeichnet. Je nachdem wie diese Energie zugeführt wird, unterscheiden wir zwischen:

- Fremdentzündung: Entzündung durch eine von außen zugeführte Energie, z.B. offene Flamme, Funken, Lichtbogen, heiße Oberfläche u.ä.
- Selbstentzündung: Entzündung ohne Energiezufuhr von außen, sondern durch eigene Reaktionswärme

1.2.2.1. Mindestverbrennungstemperatur

Ist die Verbrennung eingeleitet, so ist eine Mindestenergie notwendig, damit die Verbrennungsreaktion selbständig als Reaktionskette weiterläuft. Zur Abschätzung dieser Energie gibt man die niedrigste Temperatur des reagierenden Brennstoff/Sauerstoff- Gemisches an, bei der das Brennen gerade noch möglich ist.

1.2.2.2. Katalysator

Die meisten Verbrennungsreaktionen verlaufen unter der Anwesenheit von Katalysatoren ab. Katalysatoren sind Stoffe, die mit mindestens einem der Ausgangsstoffe reaktionsfähigere Zwischenverbindungen bilden, welche dann mit anderen Stoffen weiterreagieren. So werden bei einer Verbrennung die Zündenergie und die Mindestverbrennungsenergie stark gesenkt. Unmögliche Reaktionen können allerdings auch durch Katalysatoren nicht möglich gemacht werden. Bei homogener Katalyse befindet sich Katalysator und die reagierenden Stoffe im gleichen Aggregatzustand (Radikale der Luftfeuchtigkeit) gegenüber der heterogenen Katalyse, wo kein gleicher Aggregatzustand vorliegt (Reaktion von Wasserstoff und Sauerstoff und Platin als Katalysator).

2. Löschwirkungen

Grundsätzlich gibt es 3 Möglichkeiten, um eine Löschwirkung zu erreichen:

- Löschen durch Stören der stofflichen Reaktionsbedingung (Ersticken)
- Löschen durch Stören der energetischen Reaktionsbedingung (Abkühlen)
- Löschen durch antikatalytische Wirkung

2.1. Löschen durch Ersticken

Ersticken heißt, dass das Mengenverhältnis zwischen brennbarem Stoff und Sauerstoff so verändert wird, dass die Verbrennung nicht mehr ablaufen kann

Man unterscheidet drei Arten durch erstickende Wirkung:

2.1.1. Verdünnen

Senkung der Luft-Sauerstoff-Konzentration von rund 21 Vol.% auf die löschwirksame Konzentration von ca. 15 Vol.% durch Verdünnen mit einem geeigneten Löschgas.

2.1.2. Abmagern

Wird eine brennbare Flüssigkeit unter ihren Flammpunkt abgekühlt, wird das Dampf/Luft-Gemisch so weit „abgemagert“, dass Löschen durch Ersticken eintreten muss. Dieser Vorgang beschreibt die erstickende Wirkung durch Abmagern.

2.1.3. Trennen

Durch völliges Trennen des brennbaren Stoffes vom Sauerstoff wird das Mengenverhältnis als Vorbedingung der Verbrennungsreaktion auf Null reduziert. So wird z.B. beim Löschen einer brennbaren Flüssigkeit mittels Schaum eine Trennung zum Luftsauerstoff erreicht.

2.2. Löschen durch Abkühlen

Eine Verbrennung kann nur zustande kommen und fortbestehen, wenn eine bestimmte Mindesttemperatur besteht.

Die van 't Hoffsche Regel besagt, dass die Reaktionsgeschwindigkeit durch eine Temperaturerhöhung um je 10°C auf das Doppelte bis Dreifache gesteigert wird.

Umgekehrt wird die Reaktionsgeschwindigkeit natürlich bei einer Temperatursenkung um 10°C auch um das Doppelte bis Dreifache vermindert.

Es kommt also beim Abkühlen darauf an, die Temperatur unter die Mindestverbrennungstemperatur zu senken und damit die Verbrennung abzubrechen.

2.3. Löschen durch antikatalytischen Effekt

Wie in der Verbrennungslehre schon festgestellt, gehören zu den Vorbedingungen einer Verbrennung stoffliche und energetische Voraussetzungen. Zu den energetischen Voraussetzungen gehört auch die Anwesenheit eines Katalysators. Die sogenannten Radikale gehen Zwischenverbindungen mit den Ausgangsstoffen ein und ermöglichen damit die Verbrennung. Beim antikatalytischen Effekt kommt es darauf an, diesen Radikalen die Energie zu entziehen und den Reaktionsablauf zu hemmen. Diese Löschmittel werden auch Antikatalysatoren oder Inhibitoren genannt.

3. Löschmittel

Als Löschmittel bezeichnet man Stoffe, die geeignet sind, den Verbrennungsvorgang zu unterbrechen.

Ein Universallöschmittel für sämtliche Brandklassen gibt es nicht. Entsprechend der brennenden Stoffe ist das zweckmäßigste Löschmittel auszuwählen.

Die wichtigsten Löschmittel sind:

- Wasser
- Löschpulver
- Schaum
- Kohlendioxid
- Inergen

3.1. Löschmittel Wasser

Wasser ist neben Asche und Sand eines der ältesten Löschmittel. Auch heute, wo 90% der brennenden Stoffe der Brandklasse A zuzuordnen sind, gibt es kein besseres Löschmittel als Wasser.

3.1.1. Eigenschaften des Wassers

Wasser ist eine geschmack- und geruchlose, durchsichtige Flüssigkeit. Der Siedepunkt liegt unter normalen Bedingungen bei 100°C, der Schmelzpunkt bei 0°C. Seine größte Dichte besitzt Wasser bei +4°C. Diese Tatsache bezeichnet man als Anomalie des Wassers.

3.1.2. Löschwirkung

Die Hauptlöschwirkung besteht in der abkühlenden Wirkung. Man versucht, den brennbaren Stoff unter die Mindestverbrennungstemperatur abzukühlen.

Wasser hat eine hohe spezifische Wärmekapazität, so dass es große Mengen Energie binden kann.

Man kann die kühlende Wirkung des Wassers auch dazu benutzen, brennbare Flüssigkeiten unter ihren Flammpunkt zu kühlen.

Bei brennbaren Flüssigkeiten, die mit Wasser mischbar sind, können diese mittels Wasser verdünnt werden, wobei dadurch der Flammpunkt erhöht wird.

3.1.3. Einsatzform des Wassers

Die Abgabe des Wassers erfolgt im Regelfall über Strahlrohre (z.B. BM-, CM-Strahlrohre oder Hohlstrahlrohre) im Sprüh- oder Vollstrahl.

Durch die größere Oberfläche beim Sprühstrahl oder Vernebeln (>0,9 mm Tröpfchengröße) wird mehr Wärme bei gleicher Wassermenge gebunden.

Umfangreiche Studien der vergangenen Jahre kamen zu dem Ergebnis, dass die herkömmlichen Strahlrohre nicht in der technischen Lage sind, das Löschwasser in einer optimalen Tröpfchengröße auf den Brandherd aufzubringen, so dass diese gänzlich verdampfen. Hohlstrahlrohre erzeugen ein Wassernebel mit sehr kleiner Tröpfchenbildung (<0,3 mm), dass dieser gewünschte Effekt der vollständigen Verdampfung eintritt.

Zur Vermeidung von Wasserschäden (Wohnungsbrände) ist dies ein großer Vorteil.

Die Wurfweiten und Eindringtiefen sind beim Vollstrahl wesentlich größer.

Sprühstrahl

M-Strahlrohr	Mittlere Wurfweite (in m)	Wurfbreite (in m)
	bei 5 bar mind.	bei 5 bar mind.
DM	5	0,6
CM	5	1,2
BM	6,5	2

Einsatzwerte von Mehrzweckstrahlrohren

M-Strahlrohr	Innendurchmesser		Wasserfluss	
	Kurzzeichen	Mundstück	Düse	bei 5 bar in l/min.
min.				max.
DM	4		18	58
		6	40	65
CM	9		105	125
		12	170	230
BM	16		335	395
		22	565	775

Durch die große Anzahl von unterschiedlichen Hohlstrahlrohren sehen wir in dieser Unterlage von technischen Daten ab.

3.1.4. Anwendungsmöglichkeiten

Wasser bietet neben der abkühlenden und mechanischen (Auftreffwucht) Wirkung noch zahlreiche andere Vorteile, die kein anderes Löschmittel besitzt:

- Wasser ist das billigste Löschmittel
- Es ist leicht zu beschaffen, da es fast überall vorkommt
- Einfache Förderung über Pumpen und Schläuche auch über große Entfernungen
- Große Wurfweiten und Wurfhöhen
- Wasser ist ungiftig und neutral
- Es ist das wirksamste Löschmittel für Brandklasse A

Neben diesen Vorteilen gibt es allerdings eine Reihe von Nachteilen:

- Wasser gefriert bei 0°C, was die Entnahme und Förderung im Winter erschwert
- Gefroren vergrößert sich das Volumen von Wasser um 9%
- Stoffe quellen durch Wasser auf
- Wasseraufsaugende Stoffe erhöhen ihr Gewicht (Deckenbelastung)
- Wasserschaden
- Bei bestimmten Bränden kann der Einsatz von Löschwasser zur Gefahr werden

3.1.5. Bedingte Anwendung von Wasser als Löschmittel

Beim Löschen von brennbaren Flüssigkeiten mit Wasser kann es zur Fettexplosion oder zum Überlaufen von Behältern (Boil-over) kommen.

Ein Löschen in der Brandklasse B ist nur möglich,

- wenn der Flammpunkt der brennbaren Flüssigkeit sehr hoch (ca. 60°C) ist,
- wenn die brennbare Flüssigkeit mit Wasser mischbar ist oder
- wenn sie schwerer als Wasser ist und abgedeckt werden kann.

Im Bereich der unter Spannung stehenden elektrischen Anlagen sind die vorgeschriebenen Abstände gemäß den VDE-Richtlinien einzuhalten. (DIN VDE 0132)

So gilt für CM-Strahlrohe (bis 12 mm Ø und bis 5 bar Strahlrohrdruck):

Spannung	Sprühstrahl	Vollstrahl
Niederspannung bis 1000 V	1 m	5 m
Hochspannung über 1000 V	5 m	10 m

Staubbrände sind grundsätzlich nur mit Sprühstrahl zu bekämpfen, um eine Aufwirbelung der Stäube und der damit verbundenen Explosionsgefahr zu vermeiden.

Bei der Bekämpfung von größeren Glutbränden in geschlossenen Räumen mittels Wasser, ist mit Verbrühungsgefahr durch Dampfbildung für vorgehende Trupps zu rechnen. Außerdem besteht die Gefahr der Wassergasbildung ($C+H_2O \rightarrow CO+H_2$).

Wassergas besteht aus 50% Vol. Wasserstoff und 40% Vol. Kohlenmonoxid sowie geringen Anteilen Methan, Kohlendioxid, Stickstoff und schweren Kohlenwasserstoffen. Es ist ein Atemgift und bildet explosionsfähige Gemische mit Luft.

Brennende Leichtmetalle reagieren mit Wasser unter Abspaltung des Wasserstoffs, der seinerseits an der Luft unter Umständen explosionsartig verbrennt.

Alkalimetalle wie z.B. Natrium und Kalium reagieren schon im kalten Zustand mit Wasser zu Hydroxiden mit freiwerdendem Wasserstoff und großer Reaktionswärme (Explosionsgefahr).

Beim Verdünnen von Säuren und Laugen mit Wasser sollte nur Sprühstrahl eingesetzt werden. Besondere Vorsicht ist bei konzentrierter Schwefelsäure gegeben, da es hier zu einer starken Erhitzung mit plötzlichem Aufkochen und Umherspritzen kommt.

3.2. Löschmittel Schaum

Schaum besteht grundsätzlich aus drei Komponenten.

- Wasser, welchem ein
- Schaummittel zugemischt ist, und durch ein
- Füllgas aufgeschäumt wird.

Als Füllgas wird heute ausschließlich Luft verwendet. Weshalb man auch vom Luftschaum spricht.

3.2.1. Löschwirkung

Die Hauptlöschwirkung des Schaums beruht auf Erstickten. Da Schaum leichter ist als alle brennbaren Flüssigkeiten, wird die Oberfläche abgedeckt und die weitere Bildung von Brennstoff-Dämpfen verhindert.

3.2.2. Einsatzform des Schaums

Je nach Zumischung und Verschäumungszahl unterscheiden wir zwischen Schwer-, Mittel- und Leichtschaum.

Die Verschäumungszahl (VZ) ist das Verhältnis zwischen dem Wasser-Schaummittel-Gemisch und dem Schaumvolumen. Die Zumischung gibt den prozentualen Anteil des Schaummittels zum Wasser an.

Schaumart	VZ
Schwerschaum	Bis 20
Mittelschaum	Von 20 bis 200
Leichtschaum	Von 200 bis 1000

Die Wasserhalbzzeit ist die Zeitdauer (in min.), in der sich die Hälfte der im Schaum enthaltenen Flüssigkeitsmenge, gegeben durch das Gewicht einer bestimmten Schaummenge, abgesetzt hat.

Die für Schaummittel zu fordernden Eigenschaften sind in DIN EN 1568 festgelegt. Schaummittel lassen sich in folgende Klassen einteilen:

- Proteinschaummittel (P)
- Fluorproteinschaummittel (FP)
- Synthetische Schaummittel (S)
- Mehrbereichsschaummittel (MBS)
- Alkoholbeständige Schaummittel (AR)
- Wasserfilmbildende Schaummittel (AFFF)
- Filmbildende Fluor-Proteinschaummittel (AFFF)

3.2.3. Anwendungsmöglichkeiten

Schwerschaum besitzt durch den hohen Wasseranteil eine gute abkühlende Wirkung und kann für die Brandklasse A angewendet werden.

Er hat aber auch erstickende Wirkung und ist damit zur Bekämpfung von Flüssigkeitsbränden sowie zum Schutz gefährdeter Gebäude geeignet.

Mittelschaum wirkt wie der Schwerschaum mit geminderter Kühlwirkung. Durch die geringe Masse des Mittelschaums besteht bei Bränden mit großer Thermik die Gefahr, dass er mitgerissen werden kann. Leichtschaum besitzt praktisch nur noch erstickende Wirkung. Er wird zum Fluten von Räumen eingesetzt.

Bei Vorhandensein einer unter Spannung stehenden Anlage oder zur Bekämpfung von Metallbränden darf kein Schaum als Löschmittel verwendet werden.

3.2.4. Geräte zur Schaumabgabe

Zur Erzeugung und Abgabe von Schaum werden neben den schon genannten drei Komponenten (Wasser, Schaummittel und Luft) Zumischer und Schaumstrahlrohre eingesetzt.

- Zumischer sind für die prozentuale Zumischung des Schaummittels zum Wasser verantwortlich. Sie besitzen den Kennbuchstaben Z (Z: Zumischer) und eine Ziffer, die den Nenndurchfluss in 100 l/min. angibt. Zumischer mit Zumischreglung tragen den zusätzlichen Kennbuchstaben R: z.B. Z 2 R. Die Zahl der prozentualen Zumischung gibt die prozentuale Menge des Schaummittels an, die dem Wasser zugeführt wird; z.B.: Bei einem Z2 (200 l DFM) und einer Zumischrate von 3 % wird dem Wasser 6 l/min. Schaummittel zugeführt.

Schaumstrahlrohre dienen der gezielten Abgabe von Schaum. Sie unterscheiden sich in:

- Art des erzeugten Schaums (Schwer- oder Mittelschaum),
- Durchflussmenge an Wasser-Schaummittel-Gemisch,
- Verschäumungszahl und
- Schaumwurfweite.

Schwerschaumrohre werden mit dem Kennbuchstaben S, Mittelschaumrohre mit dem Buchstaben M gekennzeichnet. Die nachgestellte Ziffer gibt den Durchfluss in 100 l/min. des Wasser-Schaum-Gemisches bei 5 bar Arbeitsdruck an. Die zweite Ziffer bezeichnet die Verschäumungszahl.

Die nachfolgende Tabelle enthält die gebräuchlichsten genormten Zumischer und Schaumstrahlrohre.

Modell		Durchfluss in l/min.	Wurfweite in m
Zumischertyp	Z 2	200	-
	Z 4	400	-
	Z 8	800	-
Schwerschaumrohre	S 2	200	12
	S 4	400	20
	S 8	800	25
Mittelschaumrohre	M 2	200	6
	M 4	400	7
	M 8	800	10

Faustformel zur Berechnung der benötigten Schaummittelbehälter (Kanister a 20 l) pro Quadratmeter

Faustformel: Quadratmeterzahl / VZ = Behälter

z.B.: $10 \times 20\text{m} = 200 \text{ m}^2 : 15 = 13 \text{ Behälter}$

$10 \times 20\text{m} = 200 \text{ m}^2 : 75 = 2,6 \text{ Behälter}$

3.2.5. Umweltschutzmaßnahmen beim Umgang mit Schaum

Da Schaummittel wassergefährdende Tenside enthalten, sind Übungen und Erprobungen auf ein Mindestmaß zu reduzieren. Im Bereich von Wasserschutzgebieten, Grundwassereinzugsgebieten oder privater Trinkwassergewinnungsanlagen sind Übungen mit Schaum verboten. Ebenfalls haben Erprobungen in Zuflussbereichen von Oberflächengewässern zu unterbleiben.

3.3. Löschpulver

Die Benennung der Löschpulver erfolgt nach ihrer Verwendungsfähigkeit in den unterschiedlichen Brandklassen. Man unterscheidet zwischen drei Arten:

- ABC-Löschpulver
- BC-Löschpulver
- D-Löschpulver

3.3.1. Löschwirkung

Eine Vorbedingung für die Verbrennung ist das Vorhandensein von Katalysatoren (Radikale). Beim Löscheinsatz mit Pulver werden Pulverteilchen in Form einer Pulverwolke in die Flammen eingebracht. Die vorhandenen Radikale geben ihre Energie an die Pulverteilchen ab (sogenannter „Wandeffekt“), was zum Abbruch der Kettenreaktion und damit zum Erlöschen der Flammen führt. Je kleiner die Pulverkörnung, desto größer die Energieaufnahme und damit der Löscheffekt. Diese Löschwirkung wird als Inhibition oder Antikatalyse bezeichnet.

3.3.2. Anwendungsmöglichkeiten

Beim Einsatz von Löschpulvern werden Flammen schlagartig abgelöscht. Da die kühlende Wirkung fehlt, ist auf eventuelle Rückzündungen zu achten. Ein großer Nachteil der Löschpulver besteht in der Verschmutzung von Anlagen und Einrichtungen, besonders im elektronischen Bereich (EDV-Anlagen).

3.4. Löschmittel Kohlendioxid

Kohlendioxid ist ein farbloses, geruchsloses Gas, welches etwa 1,5 mal schwerer ist als Luft. In Wasser gelöst entsteht Kohlensäure. Bei einem Druck von ca. 57,4 bar und 20°C lässt sich CO₂ verflüssigen.

3.4.1. Löschwirkung

Kohlendioxid hat praktisch nur eine Stickwirkung, indem es den Sauerstoff verdrängt. Um eine Löschwirkung zu erzielen, muss der Sauerstoff der umgebenden Luft mindestens auf 15% Vol. herabgesetzt werden. Dazu muss die CO₂-Konzentration auf 30% Vol. erhöht werden. Ein kg CO₂ ergibt bei 20°C ca. 550 Liter Gas.

3.4.2. Anwendungsmöglichkeiten

Kohlendioxid kommt in drei Arten zum Einsatz, als

- CO₂-Schnee
- CO₂-Nebel und
- CO₂-Gas.

CO₂-Schnee und -Nebel werden durch entsprechende Düsen erzeugt und ermöglichen bei der Brandklasse B ein Liegenbleiben auf der brennenden Oberfläche. Bei diesem Erstickungsvorgang wird der brennbare Stoff vom Sauerstoff getrennt.

CO₂-Gas verdünnt die Sauerstoff-Konzentration und ermöglicht damit das Ersticken. CO₂-Gas ist wegen der hohen Ausströmungsgeschwindigkeit besonders gut für Gasbrände (Brandklasse C) geeignet.

Da beim Einsatz von CO₂ als Löschmittel keine Rückstände verbleiben und dieser ein elektrischer Nichtleiter ist, eignet es sich besonders in empfindlichen Bereichen (EDV-Anlagen). Da Kohlendioxid auch ein Atemgift ist, besteht in geschlossenen Räumen für Personen akute Lebensgefahr. Schon bei schnellem Ansteigen der CO₂-Konzentration auf 6-8% Vol. führt dies zu Atemnot und Ohnmacht. Bei einer löschwirksamen Konzentration von 30% Vol. CO₂ kommt es innerhalb weniger Sekunden zur Bewusstlosigkeit und nach wenigen Minuten zum Tod.

3.5. Löschmittel Inergen

Inergen ist ein technisches Gas, das als Löschmittel für ortsfeste Gaslöschanlagen (sogenannte Inergen-Gaslöschanlagen) verwendet wird. Es besteht aus 40 % Argon, 50 bis 52 % Stickstoff und 8 bis 10 % Kohlendioxid. Die Bezeichnung Inergen stammt aus den Wortteilen Inertgas (engl.=Schutzgas), z. B. Argon und Nitrogen (engl.= Stickstoff). Es ist ein nicht-brennbares, farb-, geruch- und geschmackloses Gas, das den elektrischen Strom nicht leitet. Der 8 %-ige CO₂-Anteil ist so gewählt, dass in dem Inergen-Raumluftgemisch je nach erforderlicher Flutungsmenge eine CO₂-Konzentration zwischen 2 und 5% Vol. entsteht.

Diese geringe Menge aktiviert die automatische Atmungssteuerung im menschlichen Körper und über einen biochemischen Effekt werden die Blutgefäße etwas geweitet. Der reduzierte Sauerstoffanteil wird durch ein höheres Atmungsvolumen ausgeglichen, aus dem die Lungenbläschen den physiologischen Sauerstoff ins Blut transferieren.

3.5.1. Löschwirkung

Die Löschwirkung von Inergen beruht wie bei der CO₂-Löschung auf der Verdrängung des für eine Brandreaktion notwendigen Sauerstoffanteils von 21% Vol. auf 15% Vol. und weniger. Eine Reduktion des Sauerstoffgehalts unter 15% Vol. bei nicht gleichzeitiger Atmungssteigerung ist für die Menschen, die nicht durch längeres Training darauf eingestellt sind, grundsätzlich kritisch, wenn auch nicht sofort tödlich. Sauerstoffmangel in den Blutgefäßen birgt die Gefahr einer Unterversorgung und Schädigung des Hirngewebes. Obgleich Stickstoff und Argon ungiftig sind, wirken sie durch die Sauerstoffverdrängung wie CO₂ in höheren Konzentrationen für den Menschen wie für das Feuer erstickend. Dieser Nachteil der beiden Hauptbestandteile des Inergens wird durch die 8%ige Beimischung von CO₂ kompensiert. Die für Gasfeuerlöschanlagen mit sauerstoffverdrängendem Löscheffekt notwendigen Personenschutzmaßnahmen sowie eine gegen Überspannungseinwirkung sichere mechanische Verzögerungseinrichtung und redundante Alarmierungsvorrichtungen sind beim Einsatz von Inergen allgemein nicht erforderlich.

3.5.2. Anwendungsmöglichkeiten

Einsatz: Flutung ohne Vorwarnzeit bzw. einer geringen Vorwarnzeit, z.B. von nur 10 Sekunden. Die Vorwarnzeit wird vorgesehen, um einer Panik vorzubeugen und um das schnelle Verlassen des Raumes von allen Personen zu erreichen.

4. Quellenhinweise

W. Kohlhammer GmbH
Verlag für Feuerwehr und Brandschutz, Stuttgart – Die roten Hefte 1
Verbrennen und Löschen

W. Kohlhammer GmbH, Stuttgart
Feuerlöschmittel 7. Auflage

W. Kohlhammer GmbH, Stuttgart, Gisbert Rodewald
Brandlehre 5. Auflage

Landesfeuerweherschule Schleswig-Holstein

www.Wikipedia.de