

Löschlehre

Der Lehrgangsteilnehmer / die Lehrgangsteilnehmerin kann wiedergeben, dass Löschmittel Stoffe sind die störend auf den Verbrennungsvorgang einwirken, in dem sie eine oder mehrere der Voraussetzungen für die Verbrennung unterbinden.

Grundlagen der Löschlehre

1. Zündung: Bildung der Radikale:



2. Einleitung der Verbrennung: Wärmeproduktion



3. Thermische Aufbereitung des brennbaren Stoffes

4. Erreichen der Mindestverbrennungstemperatur

5. Erreichen der Brandtemperatur (Vollbrand)

Wie im Unterricht Brandlehre Thema „Voraussetzungen der Verbrennung“ schon angedeutet, müssen für eine dauerhafte Verbrennung sechs Bedingungen erfüllt sein – und zwar jede dieser Bedingungen.

Das bedeutet aber im Umkehrschluss, dass, wenn wir nur eine dieser Bedingungen stören, der Brand gelöscht werden kann.

Unterschiedliche Bedingungen erfordern unterschiedliche Löschmethoden und Löschmittel.

Angriff an:	Mechanismus der Störung	Bezeichnung	Löschmittel
Wärme	Entfernen der Wärme	Abkühlen	Wasser
O ₂	Verhinderung des Zutritts v. Sauerstoff:	Ersticken	Pulver, CO ₂ , Schaum,
C (polarer Brennstoff)	Entfernen des Brennstoffs	Abmagern	Wasser
H*	Entfernung der Radikale:	Inhibieren	Pulver, Halone

Durch die Zündung werden aus der Luftfeuchtigkeit die Radikale gebildet (hier: Wasserstoff-Radikal H*), welche als Katalysator fungieren.

Diese Katalysatoren aus der Luftfeuchtigkeit leiten die Verbrennung ein;

Energie wird in Form von Licht & Wärme freigesetzt.

Die Wärme bereitet noch nicht angebranntes Material bis zum Erreichen der Zündtemperatur thermisch auf.

Es wird vermehrt Wärmeenergie frei, mit der die Mindestverbrennungstemperatur erreicht wird.

Der Prozess produziert nun so viel Wärmeenergie, dass die Verbrennung sich selbst (ohne weitere Zündquelle) bis zum Erreichen der Brandtemperatur des Vollbrandes ernährt.

1. Löschen durch Kühlen: Löschmittel Wasser

Lernziel: Der Lehrgangsteilnehmer kann

- ...die Anwendungsmöglichkeiten (Brandklasseneignung) des Löschmittels Wasser und seine bevorzugten Verwendungszwecke nennen.
- ...die gefährlichen Stoffe und die brennbaren Metalle (Brandklasse D), die mit Wasser heftig reagieren, nennen.
- ...wiedergeben, dass bei Schornsteinbränden mit Reiß- und Berstgefahr und Gefahr des Zusetzens gerechnet werden muss.
- ...wiedergeben, dass die Anwendung von Wasser bei heißen Oberflächen bzw. heißen Gasen oder Dämpfen, insbesondere in geschlossenen Räumen, mit Verbrühungsgefahr verbunden ist und Feuerwehr-Schutzkleidung zu tragen ist.
- ...wiedergeben, dass die Anwendung von Wasser bei heißen Fetten mit Spritz- und Explosionsgefahr verbunden ist.
- ...die Möglichkeiten der Anwendung des Löschmittels Wasser als Vollstrahl, Sprühstrahl oder Nebelstrahl und ihren vorrangigen Zweck nennen.
- ...wiedergeben, dass neben den genormten Mehrzweckstrahlrohren auch sog. Hohlstrahlrohre existieren, deren besonderer Zweck ist, auch zündfähige oder zündende Rauchgase kühlen zu können.
- ...die notwendigen Abstände bei Verwendung von CM-Strahlrohren gegenüber elektrischer Spannung, in Bezug auf Hochspannung bei unbekannter Spannung, nennen.

a) Eigenschaften Löschmittel Wasser

- Wasser ist das älteste und am häufigsten eingesetzte Löschmittel.
- Wasser ist geschmackslos und geruchslos.
- Es ist ungiftig und chemisch neutral.
- Vorteil Löschmittel Wasser:
 - Kostengünstig
 - Überall vorhanden
 - Leicht und in großen Mengen beschaffbar
 - Leicht zu transportieren
 - Größtes Wärmeaufnahmevermögen
 - Verschiedenartig einsetzbar; Voll-, Sprüh- und Nebelstrahl
 - Große Wurfweite und -höhe
- Nachteile Löschmittel Wasser
 - Ggf. großer Wasserschaden
 - Wasser gefriert bei 0°C; im Winter problematisch
 - Hohe Dichte, sehr schwer und somit ggf. Einsturzgefahr
 - In Verbindung mit Hülsenfrüchten und anderen Stoffen quellfähig
 - Elektrisch leitfähig
 - Starke Wasserdampfbildung

- Anomalie des Wassers
 - Gewicht 1kg / Liter bei 4°C und 1013mbar
 - Größte Dichte bei 4°C
 - Unterhalb sowie oberhalb einer Temperatur von 4°C nimmt die Dichte von Wasser ab
 - Siedepunkt liegt bei ca. 100°C und 1013mbar
 - Bei 0°C gefriert Wasser und es kommt zu einer Volumenvergrößerung von bis zu 10%

b) Löschmechanismus Löschmittel Wasser

- Der Löscheffekt, der das Wasser vor allen anderen Löschmitteln auszeichnet, ist die Kühlung.
- Kühlen bedeutet das Entfernen der Wärmeenergie aus der Verbrennungszone (aus dem Brandgut).
- Das geschieht solange, bis die Mindestverbrennungstemperatur unterschritten ist und der Brand zum Erliegen kommt.
- Das setzt voraus, dass das Wasser diese Wärme auch aufnehmen und abführen kann.
- Von allen bekannten Löschmitteln hat Wasser das größte Wärmeaufnahmevermögen.

Gibt man Wasser von ca. 10°C auf einen brennenden Stoff, so findet zunächst eine Erwärmung des Wassers statt; wird Verbrennungswärme entzogen. Erreicht das Wasser eine Temperatur von 100°C, ändert es seinen Aggregatzustand von flüssig in gasförmig. Da die Wasserdampfmoleküle eine beträchtlich höhere Bewegungsenergie besitzen, muss die Energie irgendwoher kommen – nämlich ebenfalls aus der Verbrennungswärme. Der Wasserdampf wird weiter erwärmt und auch diese Wärme wird dem brennenden Stoff entzogen. Die physikalische Größe, die dieses Wärmeaufnahmevermögen beschreibt, nennt man spezifische Wärmekapazität (c). Sie ist eine Eigenschaft des Wassers, die kein anderes Löschmittel in diesem Maße besitzt:

Erwärmung von 1kg Wassereis um 1K	2,1 KJ
Schmelzenergie für 1kg Wasser	335 KJ
Erwärmung von 1kg Wasser um 1K	4,187 KJ ~4,2 KJ
Verdampfungsenergie für 1kg Wasser	2275 KJ
Erwärmung von 1kg Wasser im dampfförmigen Zustand	2,1 KJ

- c) Brandklasseneignung / Brandklasse A nach DIN EN 2
- Die Brandklasse A definiert Brände von festen Stoffen, die unter Glut verbrennen.
 - Daher ist Wasser das Löschmittel dieser Brandklasse schlechthin und unübertroffen.
 - Es gibt feste Stoffe, deren Brände nicht mit Wasser zu löschen sind.
 - Stoffe, die mit Wasser chemisch reagieren.
 - Folgende Einschränkungen der Anwendbarkeit von Wasser gibt es:
 - Wasser darf nicht eingesetzt werden bei Leichtmetallen!
 - ✓ Leichtmetalle (Dichte < 5g/cm³) reagieren schon im kalten Zustand heftig mit Wasser:
 $\text{Metall} + \text{H}_2\text{O} = \text{Metalloxid} + \text{H}^2$
Dabei entsteht brennbarer Wasserstoff, der zur Brandausbreitung führt! Leichtmetalle sind vor allem:
Lithium
Natrium
Magnesium
Kalium
Calcium
Aluminium
Und andere Legierungen.
 - Wasser darf nicht eingesetzt werden bei Kaminrußbränden!
 - ✓ Bei einem Kaminbrand verbrennt der im Kamin abgelagerte Ruß (Kohlenstoff) mit einer Brandtemperatur von ca. 1000°C.
 - ✓ Versucht man mit Wasser diesen Brand zu löschen, erhitzt sich das Löschwasser schlagartig auf diese Temperatur mit der Folge, dass es sich ebenso schlagartig ausdehnt.
 - ✓ Der dabei entstehende Überdruck könnte den Kamin sprengen.
 - ✓ Weiterhin werden die erhitzten Kaminwände schlagartig abgekühlt, was zu Temperaturspannungen und infolgedessen zu Rissen führt.
 - ✓ In der Regel werden Kaminrußbrände im Zuge der Reinigung gelöscht, dabei wird der Kamin mit Kehrwerkzeug gereinigt und das Brandgut entnommen und ins freie verbracht, um es dort abzulöschen.
 - ✓ In dringenden Ausnahmefällen ist Löschpulver zu verwenden.

- Weitere Stoffe, bei denen nur bedingt mit Wasser zu arbeiten ist:

Stoff	Gefahr	Abhilfe
Leichtmetalle Lithium, Natrium, Kalium, Kalzium	Reaktion mit Wasser: Bildung von Wasserstoff	Metallbrandpulver, Sand, Graphit
Kalziumkarbid	Reaktion mit Wasser: Bildung von Acetylen	Sand
Koks	Verbrühung, Bildung von brennbarem Wassergas (CO, H ²)	ABC-Pulver
Gegenwart von Säuren und Laugen	Erhitzung, Aufkochen & Umherspritzen (Lösungswärme)	Schaum
Quellfähige Stoffe (Hülsenfrüchte, Getreide)	Gewichts- & Volumenzunahme durch Löschwasser: Einsturzgefahr	Wenn möglich, ausräumen; Evtl. N ² oder CO ²
Düngemittel	Bildung gefährlicher nitroser Gase	Kühlen mit viel Wasser
Weißer Phosphor	Sehr hohe unbeherrschbare Selbstentzündlichkeit	Sand
Ungelöschter Kalk	Bei Kontakt mit Wasser Wärmeentwicklung bis 400°C: Entzündung brennbarer Stoffe.	Sand

- Verhaltensmaßnahmen für den Umgang mit solchen Stoffen findet man in den einschlägigen Nachschlagewerken („Handbuch der gefährlichen Stoffe und Güter“ (HOMMEL), IGS Fire)

d) Brandklasseneignung / Brandklasse B nach DIN EN 2

- Soll Wasser bei Bränden von flüssigen und flüssig werdenden Stoffen eingesetzt werden, muss man unterscheiden zwischen Flüssigkeiten, die mit Wasser mischbar sind – den polaren Flüssigkeiten – und den unpolaren Flüssigkeiten, die nicht mit Wasser mischbar sind.

- Brennende polare Flüssigkeiten (z.B. Ethanol) sind insofern mit Wasser löscher als durch die Vermischung der Flammpunkt der Flüssigkeit heraufgesetzt wird und somit der Brand zum Erliegen kommen kann.
 - In diesem Fall käme der Löschemechanismus des Abmagerns des brennbaren Stoffes zum Tragen, denn die Verdünnung des Stoffes hat eine geringere Konzentration des über der Flüssigkeit stehenden Dampfes zur Folge.
 - Hier besteht aber die Gefahr des unkontrollierten Überlaufens der brennbaren Flüssigkeit!
 - Brennende unpolare Flüssigkeiten werden grundsätzlich nicht mit Wasser gelöscht.
- e) Brandklasseneigung / Brandklasse C nach DIN EN 2
- Wasser wird in der Brandklasse C (Gasbrände) ausschließlich zum Kühlen für den Schutz der Umgebung eingesetzt.
- f) Brandklasseneigung / Brandklasse D nach DIN EN 2
- Metallbrände werden grundsätzlich nicht mit Wasser gelöscht.
 - Alle Metalle mit Ausnahme der Edelmetalle sind brennbar.
 - Da die Brandtemperaturen von brennenden Metallen extrem hoch sind (bis zu 4.000°C), kommt Wasser als Löschmittel nicht in Betracht.
 - Der Einsatz von Wasser ist sogar sehr gefährlich.
 - Das Wasser wird bei diesen hohen Temperaturen aufgespalten:
- $$\text{H}_2\text{O} + \text{W\ddot{a}rme (> 1.500 } ^\circ\text{C})$$
$$= \text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2$$
- Bei der Zersetzung werden brennbarer Wasserstoff und die Verbrennung unterhaltender Sauerstoff freigesetzt.
 - Das beschleunigt den Brand noch zusätzlich.
 - In der Brandklasse D wird ein eigens für Metallbrände entwickeltes Löschpulver verwendet.
- g) Brandklasseneigung / Brandklasse F nach DIN EN 2
- Brände von Speiseöl und -fette werden grundsätzlich nicht mit Wasser gelöscht.
 - Versucht man brennendes Fett (in Frittier Töpfen, Brättern, etc.) mit Wasser zu löschen, kommt es zur Fettexplosion und Brandausbreitung.
 - Speisefett brennt an der Oberfläche mit mehreren hundert Grad heißer Flamme.
 - Gibt man Wasser hinzu, so sinkt das spezifisch schwerere Wasser im Fett nach unten.
 - Da das Fett in dieser Anwendung (Küchen, Imbissbuden) von unten beheizt wird und eine Temperatur von bis zu 300°C haben kann (Fette haben diesen hohen Siedepunkt) wird das Wasser schlagartig erhitzt.

- Der entstehende Wasserdampf wird eruptionsartig aus dem Topf geschleudert.
- Das heiße Fett wird mit aus dem Topf befördert.

h) Einsatzformen des Löschmittels Wasser

- Wasser lässt sich grundsätzlich auf folgende Arten aufbringen:
 - Vollstrahl
 - Sprühstrahl
 - Nebelstrahl

Vollstrahl

Vorteile	Nachteile
Große Wurfweiten und -höhen	Größerer Wasserschaden
Größere Eindringtiefe und Tiefenwirkung	Empfindliche Stoffe / Geräte können zerstört werden
Höhere mechanische Wirkung (Auftreffkraft)	Aufwirbelung von Staub: Gefahr einer Staubexplosion
Vorzugsweise Anwendung bei großen Entfernungen (Außenangriff)	

Sprühstrahl

Vorteile	Nachteile
Abdeckung größerer Flächen	Geringere Wurfweiten und -höhen
Gute Wärmebindung aufgrund feiner Verteilung	Geringere Eindringtiefe und Tiefenwirkung
Hohes Aufnahmevermögen von Gasen und Dämpfen	Starke Wasserdampfbildung: Gefahr der Verbrühung
Geringere Sicherheitsabstände in elektrischen Anlagen	
Vorzugsweise Anwendung in geschlossenen Räumen (Innenangriff)	

Nebelstrahl

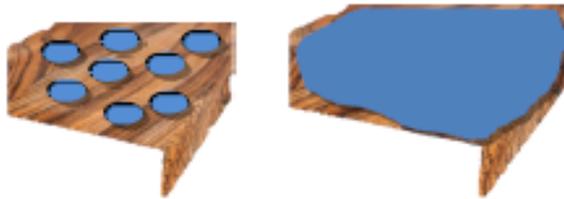
Vorteile	Nachteile
Ideales Wärmeaufnahmevermögen	Kaum Wurfweiten und -höhen
Schutz der Einsatzkräfte	Starke Wasserdampfbildung: Gefahr der Verbrühung
Geringer Wasserschaden	Aufwirbelung von Staub: Gefahr einer Staubexplosion
Vorzugsweise Anwendung zum Niederschlagen von gefährlichen Gasen und Dämpfen. Fognails.	

- i) Löschmittel Wasser bei Bränden in elektrischen Anlagen
- Im Bereich elektrischer Anlagen ist der Sprühstrahl dem Vollstrahl vorzuziehen.
 - Die in der Norm DIN VDE 0132 aufgeführten Abstände sind einzuhalten.

Strahlart	Niederspannung	Hochspannung
Sprühstrahl	1m	5m
Vollstrahl	5m	10m
Merkregel	N – 1 - 5	H – 5 - 10

- Die Abstände gelten bei Verwendung von genormten CM-Strahlrohren mit 12mm Düsendurchmesser und einem Strahlrohrdruck von 5 bar.

- j) Zusätze zum Löschmittel Wasser
- Ein Nachteil von Wasser ist die hohe Oberflächenspannung
 - Diese sorgt dafür, dass das Wasser von Materialien in Tropfenform abfließt und nicht benetzt.
 - Durch Zugabe von Netzmitteln kann diese Oberflächenspannung herabgesetzt werden.
 - Das Brandgut wird dadurch besser benetzt.
 - Die wirksamen Bestandteile sind Tenside, wie sie auch bei Waschmitteln gebräuchlich sind.
 - Netzmittel werden in der Regel mit 0,5% bis 1% zugemischt und sind zweckmäßig bei Bränden von:
 - Stäuben
 - Holzfaserstoffen
 - Textilien
 - Torf
 - Waldbränden



Benetzung von Holz: oben ohne, unten mit Netzmittel

Übersicht Löschmittel Wasser

Brand- klasse	Geeignet?	Anmerkung
A	Ja	Löschen durch Kühlung
B	bedingt	Bei polaren Stoffen möglich Bei unpolaren nicht
C	bedingt	Mechanisches Abschlagen
D	nein	Zersetzung und Gefahrenausbreitung
F	nein	Siedeverzug und Boilover

2. Löschen durch Ersticken: Löschmittel Schaum

Lernziel: Der Lehrgangsteilnehmer kann

...die Anwendungsmöglichkeiten (Brandklasseneignung) des Löschmittels Schaum und seinen vorrangigen Verwendungszweck nennen.

...die Erzeugung von Schwer- und Mittelschaum (Zumischung und Verschäumung) erklären und die jeweils erforderlichen Geräte nennen.

...wiedergeben, dass beim Löschen brennbarer Flüssigkeiten ein geschlossener Schaumteppich aufzutragen ist.

...wiedergeben, dass Schaum elektrisch leitfähig ist und nicht geeignet ist zur Verwendung in elektrischen Anlagen.

a) Eigenschaften Löschmittel Schaum

- Schaum besteht aus
 - Wasser
 - Schaummittel
 - Luft
- An der Einsatzstelle wird dem Löschwasserstrom mittels eines Zumischers ein bestimmter Anteil (meistens 1%, 3%, oder 6%) an Schaummittelkonzentrat zugemischt.
- Dieses Wasser-Schaummittel-Gemisch wird dann im Schaumstrahlrohr mit Luft verwirbelt (verschäumt), sodass der entstehende Schaum auf die Brandstelle aufgegeben werden kann.
- Der so erzeugte Schaum wird auch als Luftschaum bezeichnet.
- Schaummittel bestehen aus:
 - Tensiden
 - Fließmitteln
 - Lösungsvermittlern
 - Frostschutzzusätzen
- Die Norm, nach der Schaummittel geprüft werden, ist die DIN EN 1568

b) Anwendung / Brandklasseneignung / Zweck

Der Löschschaum ist nach dem Löschmittel Wasser das am häufigsten eingesetzte Löschmittel für die Brandklassen A und B.

Die Verwendbarkeit der Schaummittel beruht auf den folgenden

Löscheffekten:

- Trenneffekt
Die aufgebrachte Schaumdecke unterbindet die Verbrennungsreaktion durch Trennung des Luftsauerstoffs vom Brandgut.
- Kühleffekt
Das aus dem gebildeten Schaum austretende Wasser kühlt das Brandgut.
- Deckeffekt
Die geschlossene Schaumdecke verhindert Gasdurchbrüche und damit Rückzündungen durch heiße Behälterwände u.ä.

- **Verdrängungseffekt**
Beim Fluten mit (hauptsächlich) Leicht- und Mittelschäumen werden der Luftsauerstoff und andere brennbare Gase aus Räumen verdrängt.

Damit diese Löschwirkungen zum Tragen kommen, müssen vom Schaummittel und Schaum folgende Anforderungen erfüllt werden:

- **Fließfähigkeit des Schaummittel-Konzentrates**
Um das Schaummittel mit der vorgeschriebenen Zumischung aus dem Behälter anzusaugen und aufzubringen, muss das Konzentrat im Behälter nachfließen. Die Reibungsverluste dürfen nicht zu groß sein. Das kann insbesondere bei alkoholbeständigen Schaummitteln wegen der hohen Viskosität (Zähigkeit) problematisch sein.
 - **Fließfähigkeit des Schaumes**
Der aufgetragene Schaumteppich muss sich rasch über das Brandgut ausbreiten, um einen guten Lösch- und Abdeckeffekt zu erzielen.
 - **Abbrandwiderstand**
Der aufgetragene Schaumteppich muss widerstandsfähig gegenüber Wärmestrahlung und Flammen von außen / oben sein.
 - **Dampfdichtheit**
Der aufgetragene Schaumteppich muss den Durchtritt der Gase der brennenden heißen Flüssigkeit durch die Schaumdecke unterbinden, um Rückzündungen zu vermeiden.
- c) Zumischung (ZM), Verschäumungszahl (VZ), Wasserhalbwertzeit (WHZ), Zerstörungsrate (ZR)
- Unter der **Zumischung** (Zumischrate, ZM) versteht man den prozentualen Anteil von Schaummittelkonzentrat im Wasser-Schaummittel-Gemisch im Schlauch.
 - Die Zumischung ist eine Folge der Rezeptureinstellung und wird vom Hersteller vorgegeben.
 - Die **Verschäumungszahl** (VZ) gibt an, um wie viel sich das Wasser-Schaummittel-Volumen bei der Verschäumung vergrößert hat.
 - Beispiel:
Wird aus 1 Liter Wasser-Schaummittel-Gemisch 8 Liter Schaum, so beträgt die Verschäumungszahl $VZ = 8$, rechnerisch:
- $$VZ = \frac{\text{Volumer(Schaum)}}{\text{Volumer(SM-Gemisch)}} [-]$$
- Die VZ hängt von der Art und Qualität des Schaumgerätes, des Schaummittels und des Wassers ab.

- Je höher die VZ, desto leichter der Schaum (geringere Dichte).
- Nach der Verschäumungszahl werden die Schaummittel in Schaummittel-Arten eingeteilt:

Verschäumungszahl	Schaummittel-Klasse
Unter 20	Schwerschaum
21 – 200	Mittelschaum
Über 200	Leichtschaum

- Auch die Verschäumungszahl ist eine Folge der Rezeptureinstellung und wird vom Hersteller vorgegeben!
- Die **Wasserhalbwertzeit** (WHZ) eines Schaumes ist die Zeit, in der die Hälfte des im Schaum enthaltenen Wassers ausgetreten ist.
- Damit ist sie ein Qualitätskriterium für die Schaumbeständigkeit.
- Schäume mit niedriger Wasserhalbwertzeit trocknen schneller aus, haben aber den Nebeneffekt, dass durch den raschen Wasseraustritt eine gute Kühlung (zusätzlicher Löscheffekt) eintreten kann.
- Schäume mit hoher Wasserhalbwertzeit sind beständiger und werden eher zum Aufbringen einer dauerhaften Schaumdecke verwendet.
- Die Wasserhalbwertzeit ist ebenfalls eine Folge der Rezeptureinstellung und wird vom Hersteller angegeben.
- Die Form der Anwendung bringt es mit sich, dass der Schaum beim ersten Aufbringen durch die Hitze und mechanische Wirkung zerstört wird, die man mit der **Zerstörungsrate** (ZR) erfasst.
- Im Normalfall kann man von einer Zerstörungsrate von ca. 50% ausgehen.
- Dies muss beim überschlägigen Schaummittelverbrauch berücksichtigt werden.

d) Leichtschaum: bevorzugte Anwendung Vorteile / Nachteile

- Anwendung / Vorteile
 - Wenn auf Kühleffekt verzichtet werden kann
 - Rasche Verdrängung (Fluten)
 - Radioaktive Teilchen (Alpha- und Betastrahlung) können im Schaum gebunden werden
 - Staubförmige Brandstoffe (geringer Strahldruck)
 - Niederhalten von Rauch und Flocken (Kunststoffbrände, nitrose Gase)
- Nachteile
 - Hoher apparativer Aufwand (Leichtschaumgenerator)
 - Geringer Wassergehalt: kaum Kühlwirkung
 - Im Freien nur bei Windstille (da es sonst aufgrund des Windes zu Problemen kommen kann)
 - Förderung schlecht bei Höhen über 10m

- e) Mittelschaum: bevorzugte Anwendung Vorteile / Nachteile
- Anwendung / Vorteile
 - Vorwiegend Stickeffekt
 - Staubbörmige Brandstoffe (geringer Strahldruck)
 - Relativ geringer Wasserschaden
 - Flutung kleiner Räume (Rohre, Kanäle, Schächte)
 - Nachteile
 - Kann von Thermik des Brandherdes fortgerissen werden
 - Im Freien nur bei Windstille
 - Geringe Wurfweite
- f) Schwertschaum bevorzugte Anwendung Vorteile / Nachteile
- Anwendung / Vorteile:
 - Gute Kühlwirkung
 - Gute Haftwirkung
 - Hohe Wurfweite
 - Schutz vor Rückzündung
 - Bei mit Wasser problematischen Einsätzen (Koksbrände)
 - Thermische Isolation großer Glutmassen
 - Maßnahmen zur Vermeidung von Sekundärbränden:
 - ✓ Einschäumen von Mineralöltanks
 - ✓ Tankfahrzeugen
 - ✓ Schiffe
 - ✓ Auslaufende brennbare Flüssigkeiten
- g) Einsatz von Schaummitteln (Störungsbeseitigung) Einsatzgrundsätze
- Störungen im Schaumbetrieb und deren Beseitigung
 - Temperatur (Luft, Wasser) zu niedrig / zu hoch?
 - Veredlersieb im Schaumrohr vereist?
 - Verschmutztes Wasser? Meerwasser?
 - Verschmutzte Luft, Brandrauch?
 - Schaumrohr im Innenangriff?
 - Schaummittel verklumpt, alt?
 - Schaumrohr sauber? Sieb verklebt?
 - Zumischer sauber? Kugelventil verklebt?
 - Fließrichtung am Zumischer?
 - Zumischrate richtig eingestellt?
 - Druck am Zumischer richtig eingestellt?
 - Druckunterschied: Zumischer / Schaumrohr zu groß?
(bei über 2,2 bar Differenz stimmt die eingestellte Zumischrate nicht mehr)
 - Höhenunterschied beim Leichtschaumeinsatz zu groß?
(bei über 10m keine Förderung von Leichtschaum mehr)

- Einsatzgrundsätze:
 - AFFF und andere nicht alkoholbeständige Schaummittel zeigen bei Bränden polarer Flüssigkeiten keine oder nur eingeschränkte Wirkung!
 - Unterschiedliche Schaummittelklassen nicht vermischen!
 - Vor dem Einsatz sicherstellen, dass genügend Schaummittel vorhanden ist!
 - Zumischrate laut Angabe des Herstellers beachten!
 - Erst beschäumen, wenn Schaumqualität ausreichend ist!
 - Schaumstrahl nicht direkt in die Flüssigkeit geben, sondern an Wandungen o.ä. hineinfließen lassen!
 - Beim Besprühen von Personen besteht im Schaum keine Atmungsmöglichkeiten!
 - Bei kombiniertem Löschangriff immer zuerst Pulver, dann Schaum aufgeben!
 - Faustformel: Menge an Schaummittelkonzentrat für die Erzeugung einer 0,5m hohen Schaumdecke:
 - 2 Liter pro m² Schwertschaum (VZ = 15; S4-15)
 - ½ Liter pro m² Mittelschaum (VZ = 75; M4-75)
 - Die Zumischrate wird mit ZM = 3%
 - und die Zerstörungsrate mit ZR = 50% angenommen.

Merke!

- **Nicht einsetzen in Strom führenden Anlagen (s. DIN VDE 0132) Spannung wegschalten!**
- **Nicht einsetzen bei Metall- und Fettbränden!**
- **Nicht einsetzen bei Stoffen, die mit Wasser gefährliche Reaktionen eingehen!
(Lithium, Natrium, Kalium, Kalzium, Magnesium und -legierungen)**
- **Nicht oder nur bedingt einsetzen bei quellfähigen und aufsaugenden Stoffen!**

h) Brandklasseneignung Löschmittel Schaum:

- Brandklasse A – Löschen durch Ersticken
- Brandklasse B – Löschen durch Ersticken
- Brandklasse C – nicht geeignet
- Brandklasse D – nicht geeignet: Zersetzung und Brandausbreitung
- Brandklasse F – nicht geeignet: Siedeverzug und Boilover

3. Löschmittel Löschpulver

Lernziel: Der Lehrgangsteilnehmer

...kann die Anwendungsmöglichkeiten (Brandklasseneignung) des Löschmittels Löschpulver und seinen vorrangigen Zweck nennen.

...kann wiedergeben, dass auf Feuerwehrfahrzeugen Feuerlöscher mit Löschpulver für die Brandklassen ABC mitgeführt werden.

...kann die spezielle Wirkung des ABC-Pulvers, BC-Pulvers und D-Pulvers bei den jeweiligen Brandklassen beschreiben.

...kann die jeweiligen Arten des Löschpulvers den Bauarten der Feuerlöscher zuordnen.

...kann wiedergeben, dass ABC-Löschpulver und D-Löschpulver, insbesondere bei Anwendung an festen Stoffen, elektrisch leitfähig ist und bei Hochspannung nicht verwendet werden darf.

a) Brandklasseneignung des Löschmittels Löschpulver

- Löschpulver gehören zu den Trockenlöschmitteln und sind Gemenge unterschiedlicher anorganischer Salze.
- Nach ihrer Brandklasseneignung unterscheidet man:

Bezeichnung	Zusammensetzung löschwirksamer Bestandteile	Brandklasse
ABC- Pulver	MonoAmmoniumdihydrogen-Phosphat, MAP, $(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$; DiAmmonium Sulfat, DAS; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	A, B, C
BC- Pulver	Natrium- oder Kaliumhydrogencarbonat, Kaliumsulfat, Natrium- und/oder Kaliumchlorid und Kalium-Ammonium-Carbonat	B, C
BC- Pulver schaumverträglich	Kaliumhydrogencarbonat, K_2CO_3 Kaliumsulfat K_2SO_4	
D- Pulver	Kaliumchlorid, KCL Natriumchlorid, NaCl	D

- Weiterhin werden Zuschlagsstoffe für die Förderfähigkeit und Füllstoffe zugegeben.
- Da viele organische Salze die Eigenschaft haben, Wasser anzuziehen, aufzunehmen und zu verklumpen, werden alle Löschpulver wasserabweisend gemacht (hydrophobiert).
- Die Pulverkörner werden mit einer Wachs- oder Silikonschicht ummantelt, die Feuchtigkeit abweist.
- Löschpulver werden gemäß der Norm DIN EN 615 typgeprüft.

- b) Wirkungsweise des Löschmittels Löschpulver (Ersticken, Inhibieren)
- Der Löscheffekt von Löschpulvern beruht zum einen auf dem **Stickeffekt** (ABC-Pulver und D-Pulver) zum anderen auf der **heterogenen Inhibition** (ABC-Pulver und BC-Pulver).
 - An der Oberfläche der Pulverkörnchen werden die Radikale unschädlich gemacht.
 - Die Verbrennungsreaktion wird dadurch schlagartig gestoppt.
- c) ABC-Löschpulver
- ABC-Pulver kann sowohl bei Glutbränden als auch bei Flüssigkeitsbränden eingesetzt werden.
 - Bei Glutbränden besteht der Löscheffekt darin, dass das aufgebrachte ABC-Pulver auf dem Brandherd in der Glut schmilzt (sintert).
 - Es bildet eine Glasurschicht auf dem Brandgut, die den Luftsauerstoff ausschließt.
 - Die Sinterschicht ist elektrisch leitend! Nicht in Hochspannungsanlagen einsetzen.
 - In den Brandklassen B und C kommt als Löscheffekt die heterogene Inhibition zum Tragen.

Erklärung Löscheffekt Inhibition:

- *In der Flamme (Gasphase) eines Flüssigkeitsbrandes oder eines Gasbrandes treffen die Radikale (die nicht größer sind als Atome) auf die Pulverteilchen (die beträchtlich größer sind).*
 - *Bei dieser Kollision verlieren die Radikale einen Großteil ihrer aggressiven radikalen Energie, so dass sie zu schwach sind, um die Verbrennung weiter aufrecht zu halten.*
 - *Da Pulverteilchen wie eine Wand wirken, an denen die Radikale nicht vorbeikommen, spricht man auch vom Wandeffekt.*
 - *„Heterogene“ (griech. Verschiedenartig) heißt der Effekt, da hier zwei Phasen miteinander in Wechselwirkung stehen:*
 - ✓ *Die gasförmigen Radikale und*
 - ✓ *Die festen Pulverteilchen*
 - *„Inhibition“ (inhibere, lat. unterbinden) heißt der Effekt, weil durch diesen Vorgang die höchst aktiven Radikale ihre chemische Wirksamkeit verlieren und die Verbrennung unterbunden wird.*
- Bei beiden Vorgängen hängt die Löschfähigkeit sowohl von der Korngröße als auch von der Kornform ab.

d) BC-Löschpulver

- BC-Pulver ist nur für die Brandklassen B und C geeignet.
- Daher gibt es nur eine Hauptlöschwirkung:
 - Die heterogene Inhibition
- Bei den BC-Pulvern spielen
 - Korngröße
 - Spezifische Oberfläche und
 - Kornformdie ausschlaggebende Rolle beim Löschmechanismus.
- Je kleiner die Korngröße, desto höher die Löschwirkung.
- Die Kornform ist für das günstige Strömungsverhalten des Pulverstrahls verantwortlich.

e) D-Löschpulver

- Metalle zersetzen durch die hohen Brandtemperaturen das Löschmittel Wasser, ABC- und BC-Löschpulver.
- Das hat zur Entwicklung spezieller Metallbrandpulver geführt.
- Sie basieren ausschließlich auf Salzen, die kein Sauerstoff enthalten, wie z.B. Natrium- und Kaliumchlorid.
- Äußerlich sind Metallbrandlöscher von anderen zu unterscheiden, da sie in der Regel mit einer Löschlanze oder Pulverbrause ausgerüstet sind.
- Das Metallbrandpulver kann so sehr vorsichtig aufgetragen werden.
- Der Löscheffekt bei Metallbrandpulver ist das Ersticken durch Sauerstoffabschluss, indem das Pulver sintert.
- Aufgrund der hohen Brandtemperaturen sind die Löschzeiten wesentlich höher, als bei ABC-Löschern.
- Metallbrandlöscher, die für die Brandklasse D zugelassen sind, eignen sich aber nur für Brände von:
 - Aluminium
 - Magnesium
 - Deren Legierungen
 - Natrium
 - Kalium
- Die Eignung für andere Metalle muss gesondert nachgewiesen werden.
- Bei Metallbränden in geschlossenen Räumen besteht die Gefahr, dass aus dem Metall/Pulver giftige Stäube, Dämpfe oder Gase freigesetzt werden.
- Deshalb muss grundsätzlich umluftunabhängiger Atemschutz getragen werden.

- f) Vor- und Nachteile des Löschmittel Pulver und ein Anwendungsbeispiel
- Vorteile:
 - Kurze Löschzeiten
 - Schlagartige Löschwirkung in den Brandklassen B und C
 - Geringer Löschmittelbedarf
 - Ungiftig – Löschpulver darf keine gesundheitsschädliche Wirkung haben
 - Unschädlich – Löschpulver darf nicht schmirgelnd auf Oberflächen wirken.
 - Lagerfähig – Löschpulver muss auch nach langer Lagerzeit noch rieselfähig sein.
 - Isolationsfähig – die Löschwolke darf nicht elektrisch leitend sein.
 - Umweltverträglich – Löschpulver darf nicht umweltbelastend wirken.
 - Auch von Laien einsetzbar
 - Nachteile:
 - Mangelnde Kühlung
 - Schäden durch Verschmutzung
 - Sichtbehinderung durch die Pulverwolke (Flucht-, Rettungs- und Angriffswege; Menschenrettung wird erschwert)
 - Hohe Rückzündungsgefahr, da keine Kühlwirkung
 - Pulver muss als Sondermüll entsorgt werden (aufgrund der Hydrophobierung mit Silikon)
 - Geringe Wurfhöhen und -weiten.
 - Löschpulver darf nicht in stromführenden Anlagen über 1kV eingesetzt werden.
 - Die Sinterschicht ist elektrisch leitfähig
 - Anwendungsbeispiel:
 - Bei einem kombinierten Löschangriff muss immer zuerst das Pulver und dann die Schaumdecke aufgetragen werden.
 - VU mit ausgelaufenem Kraftstoff, der sich entzündet hat: mit dem Pulver zügig löschen, mit dem Schaum vor Rückzündung sichern.

Übersicht Löschmittel Pulver

BK	geeignet?	Anmerkung
A	ja	aber nur ABC-Pulver
B	ja	ABC & BC-Pulver
C	ja	ABC & BC-Pulver
D	ja	aber nur D-Pulver
F	nein	Löschen möglich, aber hohe Rückzündungsgefahr da keine Kühlung

BK=Brandklasse

4. Löschen durch Ersticken; Löschmittel Kohlenstoffdioxid (CO²)

Lernziel: Der Lehrgangsteilnehmer kann
 ...die Anwendungsmöglichkeiten (Brandklasseneignung) des Löschmittels Kohlenstoffdioxid und seinen vorrangigen Zweck nennen.
 ...wiedergeben, dass beim Einsatz von Kohlenstoffdioxid eine löschwirksame Konzentration erforderlich ist.
 ...wiedergeben, dass das Löschmittel Kohlenstoffdioxid ein Atemgift ist und der Einsatz in geschlossenen Räumen unter umluftunabhängigen Atemschutz durchgeführt werden muss.
 ...wiedergeben, dass das Löschmittel Kohlenstoffdioxid rückstandsfrei und nicht elektrisch leitfähig ist.

a) Eigenschaften des Löschmittels Kohlenstoffdioxid

- Kohlenstoffdioxid ist
 - farblos
 - geruchslos
 - nicht brennbar
- Kohlenstoffdioxid ist ein Atemgift der Gruppe 3 mit Wirkung auf Blut, Nerven und Zellen.
- Konzentrationen über 5 Vol.-% können Kopfschmerzen und Übelkeit verursachen.
- Konzentrationen über 8 Vol.-% können tödlich sein (Wirkung auf das Atemzentrum).
- Kohlenstoffdioxid hat eine relative Dichte von 1,5 (Luft = 1).
- Es ist also 50% schwerer als Luft, weshalb es sich an niedrigeren Stellen ansammeln kann. (Gefahrenpotential!)

- Kohlenstoffdioxid „überspringt“ bei Abkühlung den flüssigen Aggregatzustand und wird bei -78°C direkt fest (Kohlensäure-Schnee).
- Umgekehrt verdampft CO_2 -Schnee bei Erwärmung direkt, ohne flüssig zu werden.
- Diese Vorgänge nennt man „sublimieren“ bzw. „resublimieren“.
- Durch Anwendung von Druck (60 bar) lässt sich Kohlenstoffdioxid bei 20°C verflüssigen, so dass es in Feuerlöscher gefüllt werden kann.

b) Löschwirkung des Löschmittels Kohlenstoffdioxid

- Der Löschmechanismus beruht auf der Verdrängung / Verdünnung des Luftsauerstoffs.
- Das Feuer wird mittels Erstickens gelöscht (Löscheffekt).
- Wenn die Sauerstoffkonzentration von 21 Vol.-% auf unter 15 Vol.-% fällt, hören die meisten Stoffe auf zu brennen.
- Dafür wird eine CO_2 -Konzentration von ca. 30 Vol.-% des Gesamtvolumens erforderlich.

c) Brandklasseneignung Löschmittel Kohlenstoffdioxid

Übersicht Löschmittel CO_2 :

BK	geeignet?	Anmerkung
A	nein	kein Löschen, da keine Kühlung
B	ja	Ersticken durch Verdrängen
C	bedingt	nur mit Spezialdüse (hohe Rückstoßkräfte)
D	nein	Zersetzung & Gefah- renausbreitung
F	nein	Löschen möglich, aber hohe Rückzündungsge- fahr da keine Kühlung

Bk = Brandklasse

5. Quellenverzeichnis

- Die Grundlage dieser Lernunterlage ist der vom Innenminister NRW erlassene Lernzielkatalog für die Ausbildung der Freiwilligen Feuerwehr in NRW.
- Ausbildungsleitfaden für die Truppführer-Ausbildung, IDF NRW, 2012.
- Gisbert Rodewald, „Brandlehre“, 5. Auflage, Kohlhammer Verlag, Berlin 1998
- DIN EN 1568, DIN 14406, DIN EN 2, DIN EN 3, DIN 14011: 2010-06, DIN VDE 0132.
- Europäische Richtlinie 67/548/EWG
- Lernunterlage 1002, IDF NRW