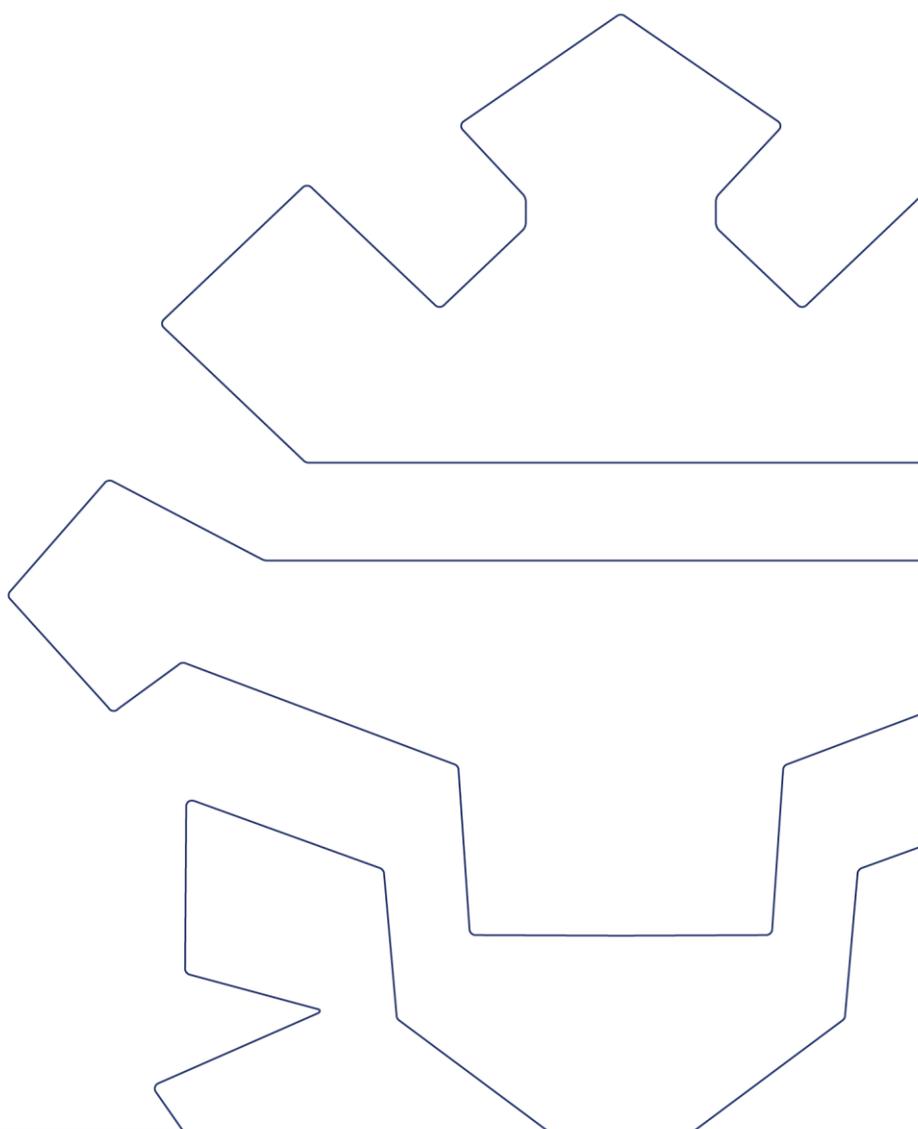


Brennen und Löschen

FIS I.2

Institut National de Formation des Secours

Version 2021-1



INHALTSVERZEICHNIS

1	Der Verbrennungsvorgang	3
1.1	Die Verbrennung	3
1.1.1	Die Voraussetzungen für eine Verbrennung	3
1.2	Die brennbaren Stoffe	3
1.2.1	Die Brandklassen	4
1.3	Flammpunkt, Brennpunkt und Zündpunkt	5
1.3.1	Flammpunkt	5
1.3.2	Brennpunkt	6
1.3.3	Zündpunkt, Zündtemperatur	6
1.4	Sauerstoff	7
1.5	Mischungsverhältnis	7
1.6	Zündenergie	9
2	Der Löschvorgang	10
2.1	Löschmittel und Löscheffekte	10
2.1.1	Wasser	10
2.1.2	Schaum	12
2.1.3	ABC-Pulver	13
2.1.4	BC-Pulver	14
2.1.5	Metallbrandpulver	15
2.1.6	Kohlenstoffdioxid	15
2.1.7	Fettbrandlöschmittel	16
2.1.8	Wirkungsweise der verschiedenen Löschmittel	18
3	Bibliographie	19

1 Der Verbrennungsvorgang

1.1 Die Verbrennung



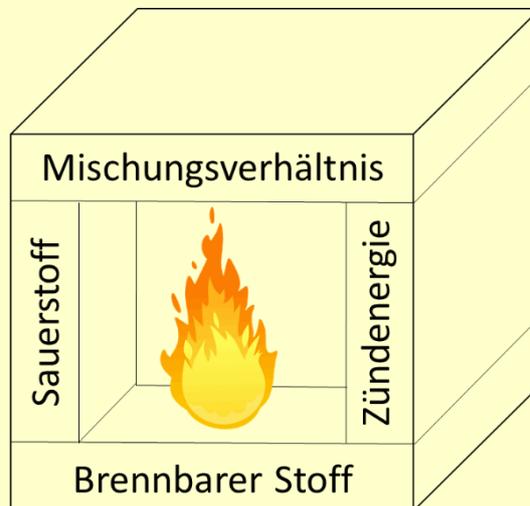
Eine Verbrennung ist ein Oxidationsprozess: Eine schnell verlaufende Reaktion zwischen einem brennbaren Stoff und Sauerstoff, bei der die freiwerdende Energie in Form von Glut und/oder Flamme sichtbar ist

1.1.1 Die Voraussetzungen für eine Verbrennung



Damit eine Verbrennung stattfinden kann müssen folgende Voraussetzungen erfüllt sein:

- Brennbare Stoff
- Sauerstoff
- Zündenergie
- Richtiges Mischungsverhältnis



1.2 Die brennbaren Stoffe



Bei der Verbrennung verbindet sich der brennbare Stoff mit Sauerstoff. Hierbei entstehen aus den Ausgangsstoffen neue Stoffe mit anderen physikalischen und chemischen Eigenschaften.

Brennbare Stoffe lassen sich einerseits nach ihrem Aggregatzustand (fest, flüssig, gasförmig) einteilen, sowie in folgende Gruppen:

- Kohlenstoffhaltige Stoffe (z.B. Papier, Holz, Kunststoffe, Mineralöl, Methan usw.)
Diese Stoffe enthalten Kohlenstoff, was an der Rußbildung während des Verbrennungsvorgangs zu erkennen ist. Ruß ist unverbrannter Kohlenstoff.
- Uedle Metalle (z.B. Magnesium, Aluminium usw.)
Von Metallen geht eine hohe Brandgefahr aus, wenn sie in Form vom Spänen oder Pulver vorliegen. In diesen Fällen bieten sie dem Sauerstoff eine große Angriffsfläche. Metallbrände können Temperaturen von bis zu 3000°C entwickeln.
- Andere brennbare Stoffe wie Schwefel, Phosphor oder Wasserstoff nehmen eine untergeordnete Rolle ein.

1.2.1 Die Brandklassen



Brennbare Stoffe werden in Brandklassen eingeteilt. Dadurch ist es möglich geeignete Löschmittel zuzuordnen.

In der nachfolgenden Tabelle werden die Besonderheiten der einzelnen Brandklassen erläutert.



Brandklasse A:



Stoffe:

Feste, brennbare Stoffe

Beschreibung:

- Feste, organische (kohlenstoffhaltige) Stoffe
 - In Verbindungen mit Sauerstoff kommt es zu Flammenbildung
 - Reagieren diese nicht mit Sauerstoff entsteht Ruß.
- Die Glut entsteht durch nichtflüchtigen Kohlenstoff, welcher ebenfalls mit Sauerstoff reagiert.

Erscheinungsform:

- Glut
- Flamme

Brandklasse B:



Stoffe:

Flüssige, brennbare Stoffe

Beschreibung:

- Stoffe die bei Zimmertemperatur flüssig sind (z.B. Öl, Benzin, Schmierfett, Lacke)
 - Stoffe die im Brandfall flüssig werden (z.B. Wachs, verschiedene Kunststoffe)
 - Diese Stoffe können brennbare Dämpfe entwickeln.
- Bei richtigem Mischungsverhältnis zwischen diesen Dämpfen und Sauerstoff ist diese Mischung brennbar. (Siehe Kapitel „Mischungsverhältnis“)
- Wichtig für den Einsatz: Flammpunkt (Siehe Kapitel „Flammpunkt“)

Erscheinungsform:

- Flamme

Brandklasse C:



Stoffe:

Brennbare Gase

Beschreibung:

- Stoffe die bei Zimmertemperatur gasförmig sind (z.B. Propan, Butan, Methan, Acetylen)

Erscheinungsform:

- Flamme



Stoffe:
Brennbare Metalle

Brandklasse D:



Beschreibung:

- Unedle Metalle
(z.B. Eisen, Magnesium, Aluminium)
- Verbrennungstemperatur: 3000°C

Erscheinungsform:

- Glut

Stoffe:
Brennbare Speiseöle und Speisefette

Brandklasse F:



Beschreibung:

- Fette und Öle tierischer oder pflanzlicher Herkunft.
(z.B. Frittierfett)
- Prinzipiell wären Speiseöle und Speisefette in der Brandklasse B erfasst.

Aufgrund der besonderen Gefahren, (z.B. „Fettexplosion“) sind Speiseöle und Fette seit 2005 einer eigenen Brandklasse zugeordnet.

Erscheinungsform:

- Flamme

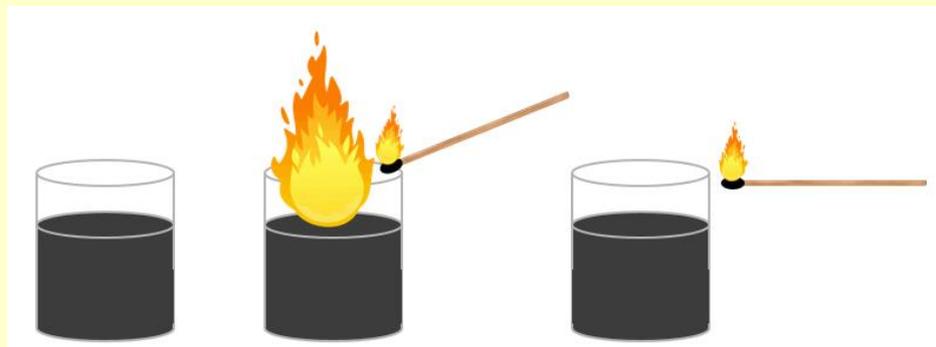
1.3 Flammpunkt, Brennpunkt und Zündpunkt

1.3.1 Flammpunkt



Der Flammpunkt ist die niedrigste Temperatur, bei der sich über einem Stoff ein zündfähiges Dampf-Luftgemisch bilden kann.

Bei Annäherung einer Zündquelle entzündet sich das Gemisch. Wird die Zündquelle entfernt, erlischt die Flamme wieder.



Darstellung des Flammpunktes:

Der Stoff brennt nur solange eine Zündquelle vorhanden ist, wenn man diese jedoch entfernt, erlischt der Stoff wieder.



Tritt die brennbare Flüssigkeit unter Druck aus, kann sie aufgrund der Oberflächenvergrößerung auch bei einer Temperatur unterhalb des Flammpunktes brennbar sein.

Beispiel 1:

Aus einer defekten Baumaschine ist Hydrauliköl (Flammpunkt 230° C) ausgetreten und hat sich auf dem Boden verteilt. Wir haben es mit einem Umweltschutzeinsatz zu tun.

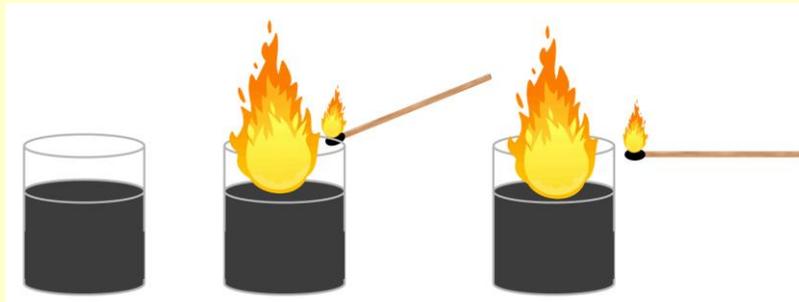
Beispiel 2:

Aus derselben Maschine tritt Hydrauliköl unter hohem Druck aus. Wir haben es mit einer zündfähigen Mischung zu tun.

1.3.2 Brennpunkt



Der Brennpunkt ist die Temperatur, bei der so viele Dämpfe entwickelt werden, dass die Verbrennung auch nach Entfernung der Zündquelle andauert.



Darstellung des Brennpunktes:

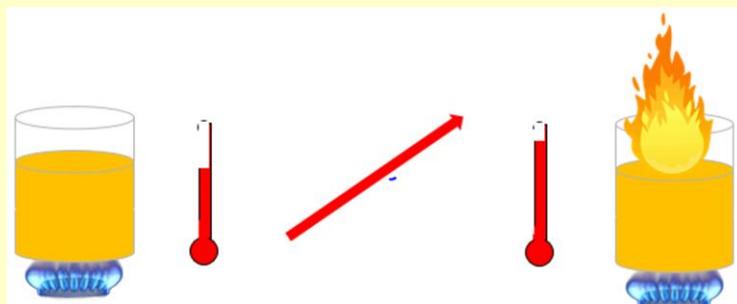
Der Stoff wird durch eine Zündquelle entzündet und brennt, nachdem diese Quelle entfernt wurde, weiter.

1.3.3 Zündpunkt, Zündtemperatur



Die Zündtemperatur ist die Temperatur, auf die ein brennbarer Stoff erwärmt werden muss, damit er sich bei Kontakt mit Sauerstoff entzündet.

Eine Zündquelle ist nicht notwendig.



Frittierfett
ca. 180°C

Zündtemperatur von Frittierfett
ca. 320°C

Darstellung der Zündtemperatur:

Das Frittierfett wird so lange erhitzt, bis es seine Zündtemperatur erreicht hat und anfängt zu brennen.

1.4 Sauerstoff



Sauerstoff (O_2) ist zu 21% in der Umgebungsluft vorhanden.

Sauerstoff selbst brennt nicht.

Ist der Anteil an Sauerstoff erhöht, weil beispielsweise Sauerstoff aus einem Druckbehälter ausströmt, können auch Stoffe brennen, welche bei normalem (21%) Sauerstoffanteil als schwerentflammbar gelten.

Bei erhöhtem Sauerstoffgehalt nimmt die Verbrennungsgeschwindigkeit zu.



Sauerstoff O_2 ist zu 21% Bestandteil der Luft

Sauerstoffmangel ($< 21\%$) hemmt die Verbrennung

Sauerstoffüberschuss ($> 21\%$) beschleunigt die Verbrennung

Bei einem Anteil von weniger als 15% ist keine Flammenbildung möglich.

1.5 Mischungsverhältnis



Eine Verbrennung kann nur dann stattfinden, wenn der brennbare Stoff und der Sauerstoff im richtigen Mischungsverhältnis vorliegen.



Brennbare feste Stoffe:

Die Größe der Oberfläche, die in Kontakt mit dem Sauerstoff treten kann, hat Auswirkungen auf das Mischungsverhältnis.

Je mehr Oberfläche das brennbare Material aufweist, desto mehr Angriffsfläche wird dem Sauerstoff geboten.



Mehl, gehäuft auf einem Teelöffel lässt sich mit einem Streichholz nicht anzünden.



Wird das Mehl zerstäubt, kommt es zu einer Staubexplosion



Brennbare Dämpfe und Gase:

Brennbare Dämpfe und Gase sind nur innerhalb des jeweiligen Zündbereiches entflammbar. Liegt zu wenig brennbarer Stoff vor, spricht man von einer zu mageren Mischung. Liegt zu viel brennbarer Stoff vor (Sauerstoffmangel) spricht man von einer zu fetten Mischung.

Der Zündbereich ist bei jedem Stoff unterschiedlich groß.

Demnach sind Gemische aus brennbaren Gasen, Dämpfen oder Stäuben mit Luft und damit dem in ihr enthaltenen Sauerstoff bei bestimmten Mischungsverhältnissen explosionsfähig. Diese Mischungsverhältnisse bestimmen den Explosionsbereich, der durch seine zwei Explosionsgrenzen, der oberen und der unteren Explosionsgrenze (OEG bzw. UEG), beschrieben wird.

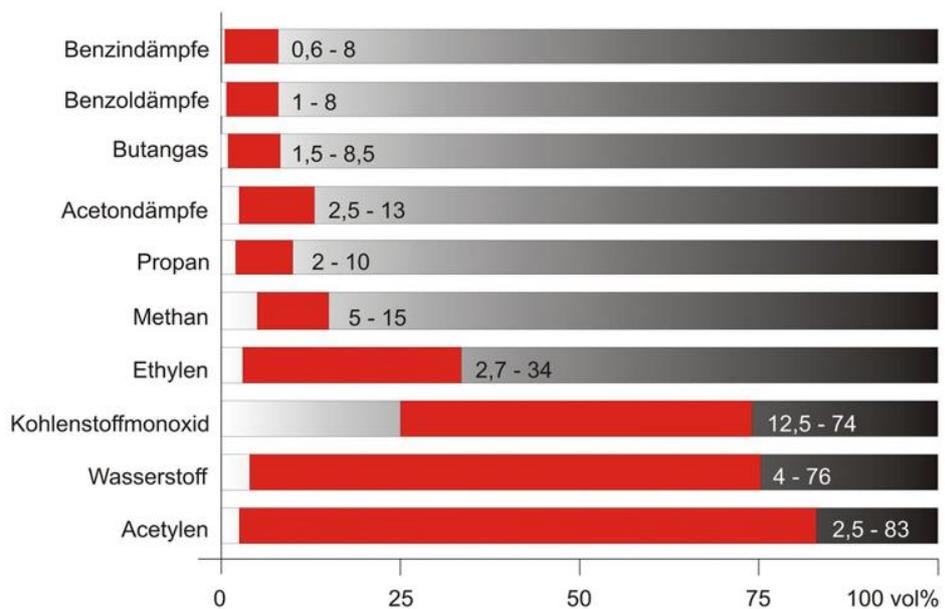


UEG: Untere Explosionsgrenze

OEG: Obere Explosionsgrenze



Explosionsbereiche von Gasen und Dämpfen



1.6 Zündenergie



Liegen brennbarer Stoff und Sauerstoff im richtigen Mischungsverhältnis vor, wird noch eine Zündenergie benötigt um den Verbrennungsvorgang zu starten.

Beispiele für Zündenergie:

Offene Flamme:

Abreißfunken:

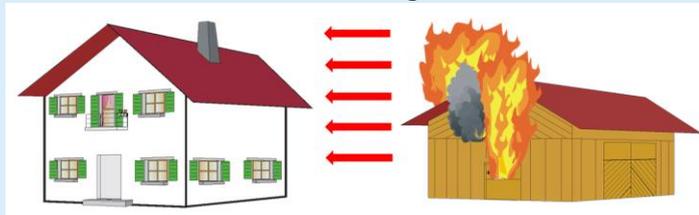
Beim Betätigen eines Schalters oder beim Ziehen des Steckers aus der Steckdose

Heiße Oberflächen,
Wärmeleitung:

Beim Betanken einer Tragkraftspritze, welche bereits einige Zeit in Betrieb war, wird Kraftstoff verschüttet. Dieser kann sich an der heißen Auspuffanlage entzünden.

Wärmestrahlung:

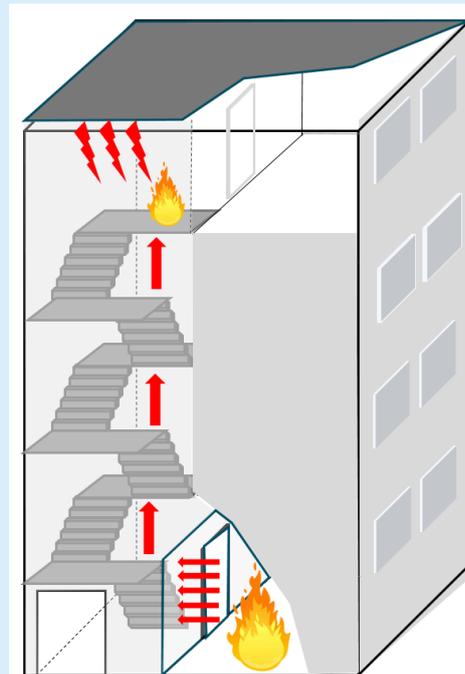
Durch die Wärmestrahlung ausgehend vom brennenden Stall kann das benachbarte Wohnhaus in Brand geraten.



Wärmeströmung:

Durch einen Brand im Erdgeschoss strömen heiße Rauchgase durch die geöffnete Wohnungstür in den Treppenraum und steigen nach oben auf. Sie sammeln sich im oberen Geschoss und bilden einen Wärmestau.

Dadurch können brennbare Gegenstände in diesem Bereich in Brand geraten.



2 Der Löschvorgang

2.1 Löschmittel und Löscheffekte

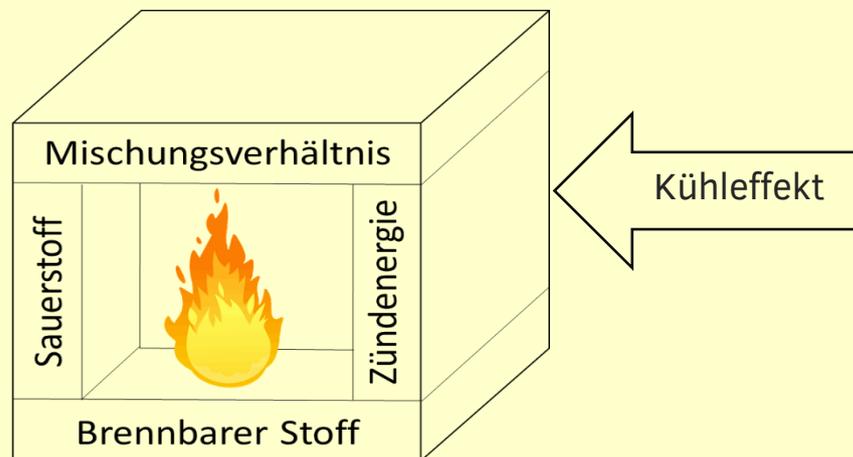
2.1.1 Wasser



Wasser ist das am häufigsten verwendete Löschmittel. Es ist in der Regel leicht verfügbar, günstig und lässt sich leicht transportieren.



- Siedepunkt: 100°C / Gefrierpunkt 0°C
- Hauptlöscheffekt: Kühlen
- Wasser ist für die Brandklasse A geeignet



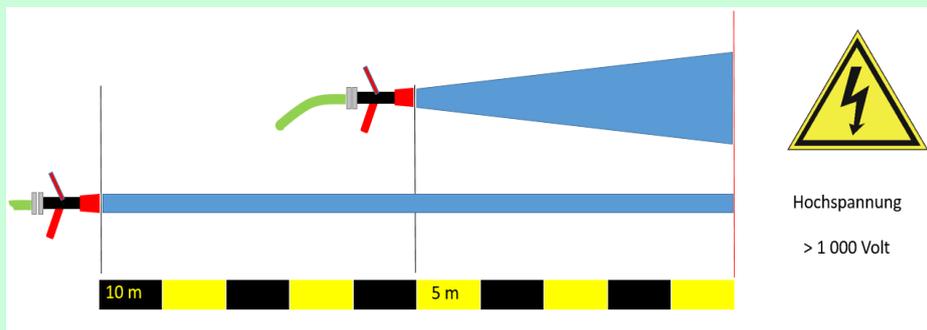
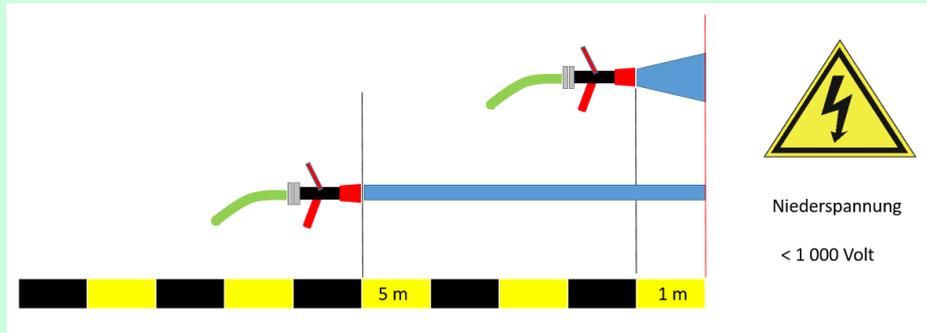
WICHTIGE HINWEISE ZUM EINSATZ VON WASSER

1 Liter Wasser ergibt bei einer Temperatur von 100° C 1700 Liter Wasserdampf
→ Verbrühungsgefahr

Bei höheren Temperaturen steigt die Menge von entstehendem Wasserdampf weiter an!



Bei Bränden in elektrischen Anlagen **sind folgende Abstände einzuhalten. Bedenken Sie, dass eine Standfläche, die durch Löscharbeiten nass wird, ebenfalls leitfähig ist!**



Wasser ist als Löschmittel nicht geeignet bei:

Fettbränden:
Gefahr der Fettexplosion



Brennenden Flüssigkeiten:
Gefahr es Überkochens (Boil-Over)



Metallbränden:
(bei Temperaturen über 2000°C)
Zersetzung des Wassers und Knallgasreaktion



Kaminbränden:
Schlagartige Dampfbildung.
Beschädigung des Kamins durch Druckanstieg





Weitere Gefahren beim Einsatz von Wasser als Löschmittel

In Mühlenbetrieben, Sägewerken, Bäckereien....

Aufwirbeln von Staub durch den Einsatz von Vollstrahl, Gefahr einer Staubexplosion

Bei quellfähigen oder saugfähigem Material

Ausdehnung und Gewichtszunahme. Dadurch resultierend Einsturzgefahr

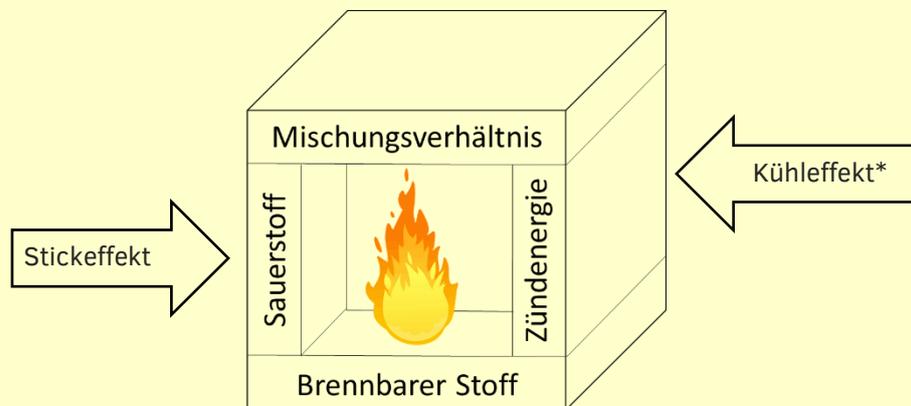
2.1.2 Schaum



Schaum besteht aus Wasser, Schaummittel und Luft. Das Wasser-Schaummittelgemisch kann entweder als vorgemischte Lösung vorliegen (z.B. in Feuerlöschern) oder wird im Einsatzfall durch den Einsatz eines Zumischsystems hergestellt.



- Schaum bildet eine Trennschicht zwischen Brandgut und Sauerstoff.
- Das Feuer erstickt infolge des Sauerstoffmangels.
- Schaum eignet sich für die Brandklassen A und B.
- Bei der Verwendung von Schwerschaum kommt es aufgrund des hohen Wasseranteils auch zu einer Kühlwirkung*.



WICHTIGE HINWEISE ZUM EINSATZ VON SCHAUM

Bei Feuerlöschern: **Hinweis zum Mindestabstand bei spannungsführenden Anlagen beachten.**

Der Einsatz von Schaumrohren ist nur in spannungsfreien Anlagen zulässig.

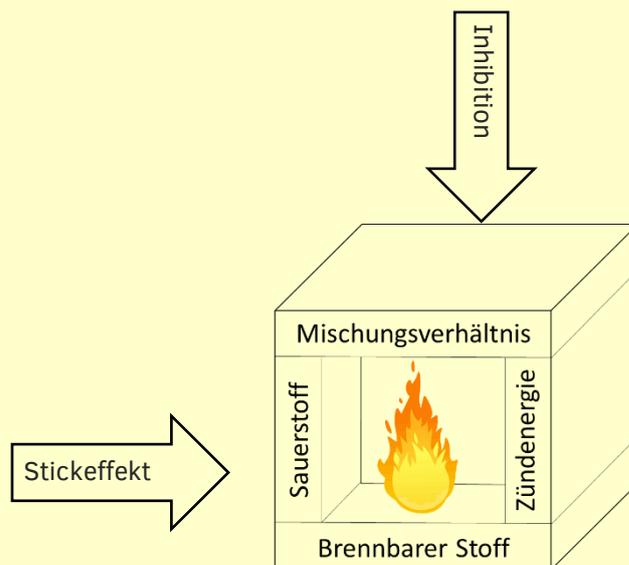
2.1.3 ABC-Pulver



ABC-Pulver wird auch als Glutbrandpulver bezeichnet. Es hat die Kennung PG.



- **Bei Glutbränden** (Brandklasse A):
Durch die Wärmeeinwirkung bildet das Löschpulver eine **Sinterschicht** auf dem Brandgut. Diese trennt das brennbare Material vom Sauerstoff und erstickt es so.
- **Bei Flammbränden** (Brandklassen B und C):
Abbruch der Verbrennungskettenreaktion durch Inhibition (= Hemmung).
- Pulver hat **keine Kühlwirkung**. Grundsätzlich besteht die **Gefahr einer Rückzündung**.
- Der Einsatz von Pulver in Räumen führt in der Regel zu Schäden aufgrund der Wirkung und Erscheinungsform des Pulvers.



2.1.4 BC-Pulver



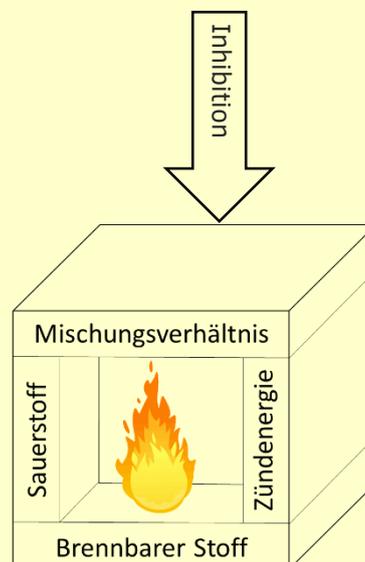
BC-Pulver wird auch als Flammpulver bezeichnet. Es hat die Kennung P.



Bei Flammbränden (Brandklassen B und C):

Abbruch der Verbrennungskettenreaktion durch **Inhibition** (= Hemmung).

- Pulver hat **keine Kühlwirkung**. Grundsätzlich besteht die **Gefahr einer Rückzündung**.
- Der Einsatz von Pulver in Räumen führt in der Regel zu Schäden aufgrund Wirkung des Pulvers.



WICHTIGE HINWEISE BEI GASAUSTRITT

- Gaszufuhr abstellen
- unverbranntes austretendes Gas bildet ein zündfähiges Gemisch
- Falls Abstellen nicht möglich, gefährdete Bereiche kühlen

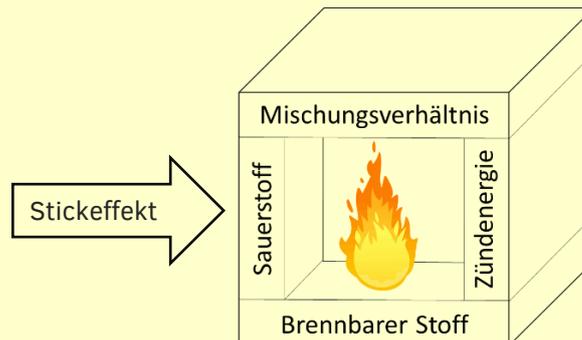
2.1.5 Metallbrandpulver



Metallbrandpulver-Pulver hat die Kennung PM.



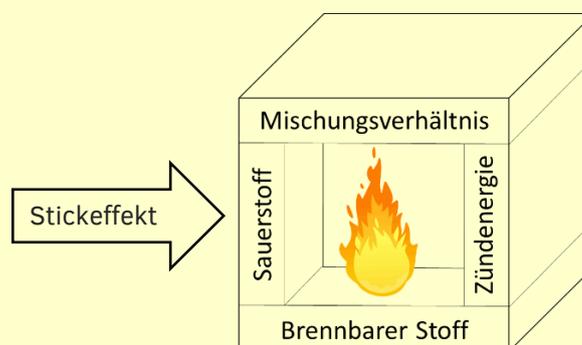
- Metallbrand-Pulver bildet eine Sinterschicht.
- Die Sinterschicht trennt das Metall vom Sauerstoff.
- Löschwirkung: **Ersticken durch Trennen**.
- Metallbrand-Pulver ist **ausschließlich für Metallbrände** geeignet.



2.1.6 Kohlenstoffdioxid



- Kohlendioxid (CO_2) ist schwerer als Luft.
- Es verdrängt den Sauerstoff.
⇒ Löschwirkung: **Ersticken durch Verdünnen**.
- Wenn sich das CO_2 verflüchtigt, **kann es zu einer Rückzündung kommen**.
- CO_2 hat **keine** nennenswerte **Kühlwirkung**.
- CO_2 ist **weitgehend rückstandsfrei** und verursacht keine Schäden an technischen Einrichtungen.
- In einer frühen Phase des Brandes, lassen sich auch Brände der Klasse A mit CO_2 bekämpfen.



WICHTIGE HINWEISE BEIM EINSATZ VON CO_2

- Der Einsatz von CO_2 in engen Räumen ist lebensgefährlich.
- Im Zweifelsfall: Durch den Türspalt löschen!
- Atemschutz verwenden!

2.1.7 Fettbrandlöschmittel



Fettbrandlöschmittel hat die Kennung F.



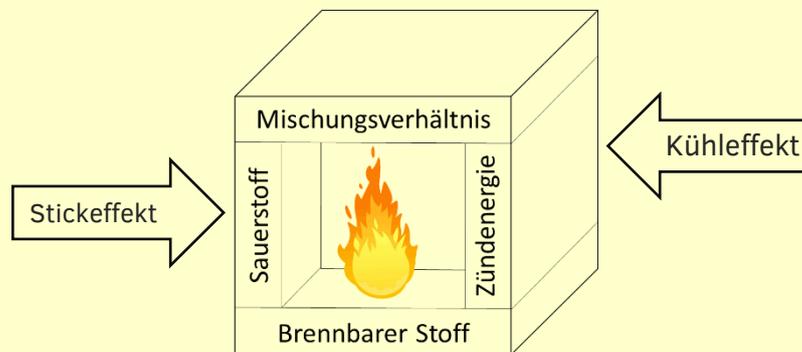
Wenn Fettbrandlöschmittel auf brennendes Speisefett oder -öl aufgetragen wird, findet eine „Verseifungsreaktion“ statt. Dadurch kommt es zu zwei Löscheffekten.

1. Die Verseifungsreaktion ist eine „endotherme Reaktion“, d.h. sie benötigt Wärme. Diese wird dem brennenden Fett/Öl entzogen. Dadurch kühlt das Fett/Öl unter die Zündtemperatur ab.

➔ Löscheffekt: **Kühlen**

2. Durch die Verseifung wird an der Oberfläche eine Trennschicht zwischen dem Fett/Öl und Sauerstoff gebildet.

➔ Löscheffekt: **Ersticken durch Trennen**



Es sind Feuerlöscher erhältlich, welche zusätzlich zur Brandklasse F auch für die Brandklassen A und B geeignet und zugelassen sind.

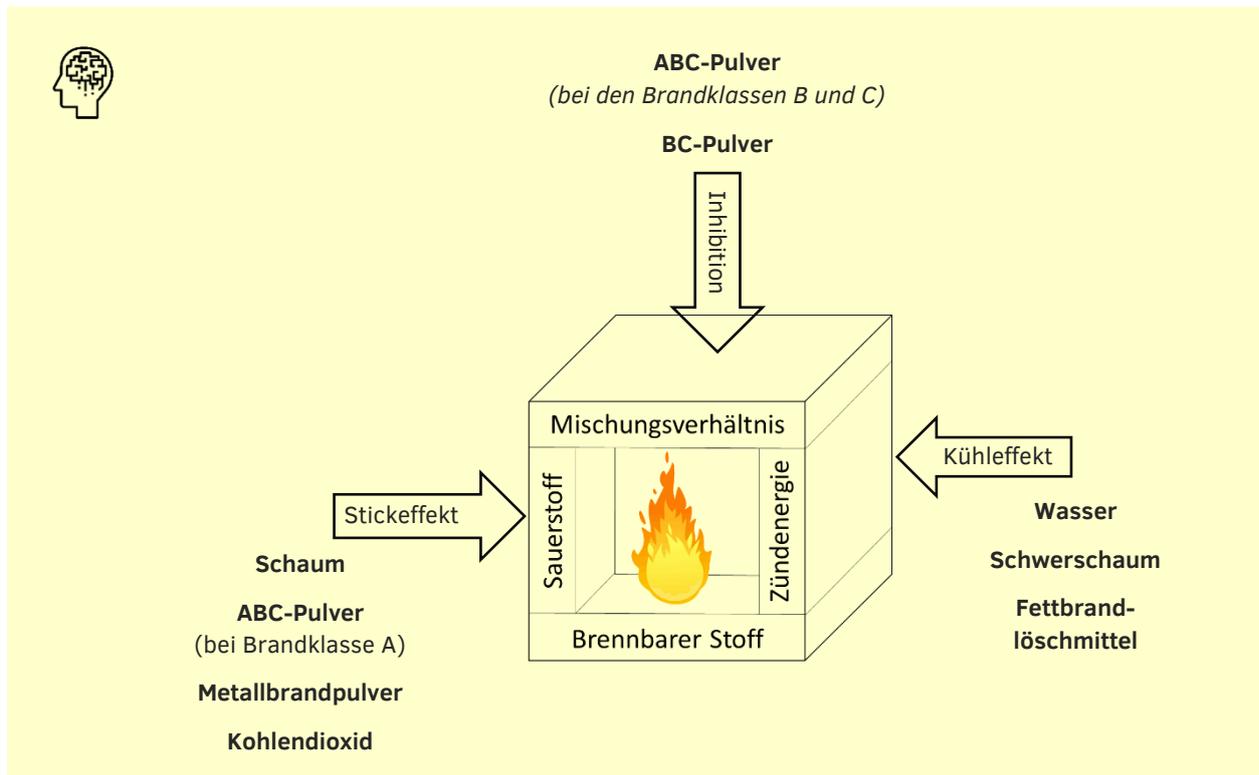


Löschmittel und Löscheffekte auf einen Blick

Löschmittel	Wirkungsweise	Beschreibung	Einsatz bei
Wasser	<ul style="list-style-type: none"> • Kühlen 	<ul style="list-style-type: none"> • Gefrierpunkt 0°C / Siedepunkt 100°C • Bei 100°C entstehen aus 1 Liter Wasser 1700 Liter Wasserdampf → Verbrühungsgefahr ➤ Abstände einhalten bei Bränden in elektrischen Anlagen! <ul style="list-style-type: none"> ○ Niederspannung (<1000 Volt) → Vollstrahl 5m / Sprühstrahl 1m ○ Hochspannung (>1000 Volt) → Vollstrahl 10m / Sprühstrahl 5m 	
Schaum	<ul style="list-style-type: none"> • Ersticken durch Trennen • Kühlen bei Schwertschaum 	<ul style="list-style-type: none"> • Bildet eine Trennschicht zwischen Brandgut und Sauerstoff und erstickt das Feuer. • Aufgrund des hohen Wasseranteils im Schwertschaum, kommt es bei dessen Verwendung auch zu einer Kühlwirkung. • Bei Feuerlöschern: Hinweise zum Mindestabstand in elektrischen Anlagen beachten. • Kein Einsatz von Schaumrohren in spannungsführenden Anlagen! 	
ABC-Pulver (Kennung PG)	Abhängig von der Brandklasse: <ul style="list-style-type: none"> • Ersticken durch Trennen • Inhibition 	<ul style="list-style-type: none"> • Bei Glutbränden (Brandklasse A): <ul style="list-style-type: none"> ○ Das Pulver bildet eine Sinterschicht, die das Brandgut vom Sauerstoff trennt. • Bei Flammbränden (Brandklassen B und C): <ul style="list-style-type: none"> ○ Das Pulver hemmt die Verbrennungsreaktion (=Inhibition) • Pulver hat keine Kühlwirkung ⇒ Gefahr einer Rückzündung • Der Einsatz von Pulver in Räumen führt zu Schäden. 	
BC-Pulver (Kennung P)	<ul style="list-style-type: none"> • Inhibition 	<ul style="list-style-type: none"> • Das Pulver hemmt die Verbrennungsreaktion (=Inhibition) • Pulver hat keine Kühlwirkung → Gefahr einer Rückzündung • Der Einsatz von Pulver in Räumen führt zu Schäden. 	
Metallbrandpulver (Kennung PM)	<ul style="list-style-type: none"> • Ersticken durch Trennen 	<ul style="list-style-type: none"> • Metallbrandpulver bildet eine Sinterschicht, die das Metall vom Sauerstoff trennt. • Metallbrandpulver ist ausschließlich für Metallbrände geeignet 	
Fettbrandlöschmittel	<ul style="list-style-type: none"> • Kühlen • Ersticken durch Trennen 	<ul style="list-style-type: none"> • Fettbrandlöschmittel bildet eine Verseifungsreaktion in Kontakt mit Fett oder Speiseöl. <ul style="list-style-type: none"> ○ Die Verseifungsreaktion benötigt Wärme (=endotherm). Diese entzieht sie dem brennenden Öl / Fett → Löschen durch Kühlung ○ Die Verseifung bildet eine Trennschicht an der Oberfläche und trennt so das brennende Öl / Fett vom Sauerstoff → Ersticken durch Trennung 	
Kohlendioxid (CO₂)	<ul style="list-style-type: none"> • Ersticken durch Verdünnen 	<ul style="list-style-type: none"> • CO₂ ist schwerer als Luft und verdrängt so den Sauerstoff. • Wenn sich das CO₂ verflüchtigt kann es zu einer Rückzündung kommen. • CO₂ hat keine nennenswerte Kühlwirkung. • CO₂ ist weitgehend rückstandsfrei und verursacht keine Schäden an technischen Einrichtungen 	

Anfangsphase

2.1.8 Wirkungsweise der verschiedenen Löschmittel



3 Bibliographie

- Feuerwehr Cliparts CD 1 und CD 2
- Gasflamme Seite 8, clean png, <https://de.cleanpng.com/png-2fyied/>
- Staubexplosion Seite 8, Universität Bielefeld, Fakultät für Physik
- Flamme, <https://www.clipart.email/download/212009.html>
- Grafik Exbereich, Seite 12, Unterlagen LFS Baden-Württemberg