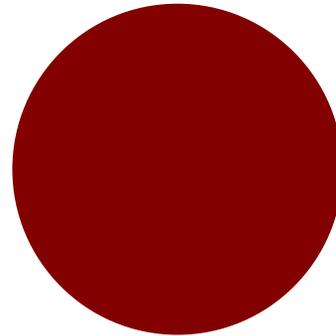


Herzlich Willkommen zum



Truppführer-Lehrgang

Thema: Brennen und Löschen

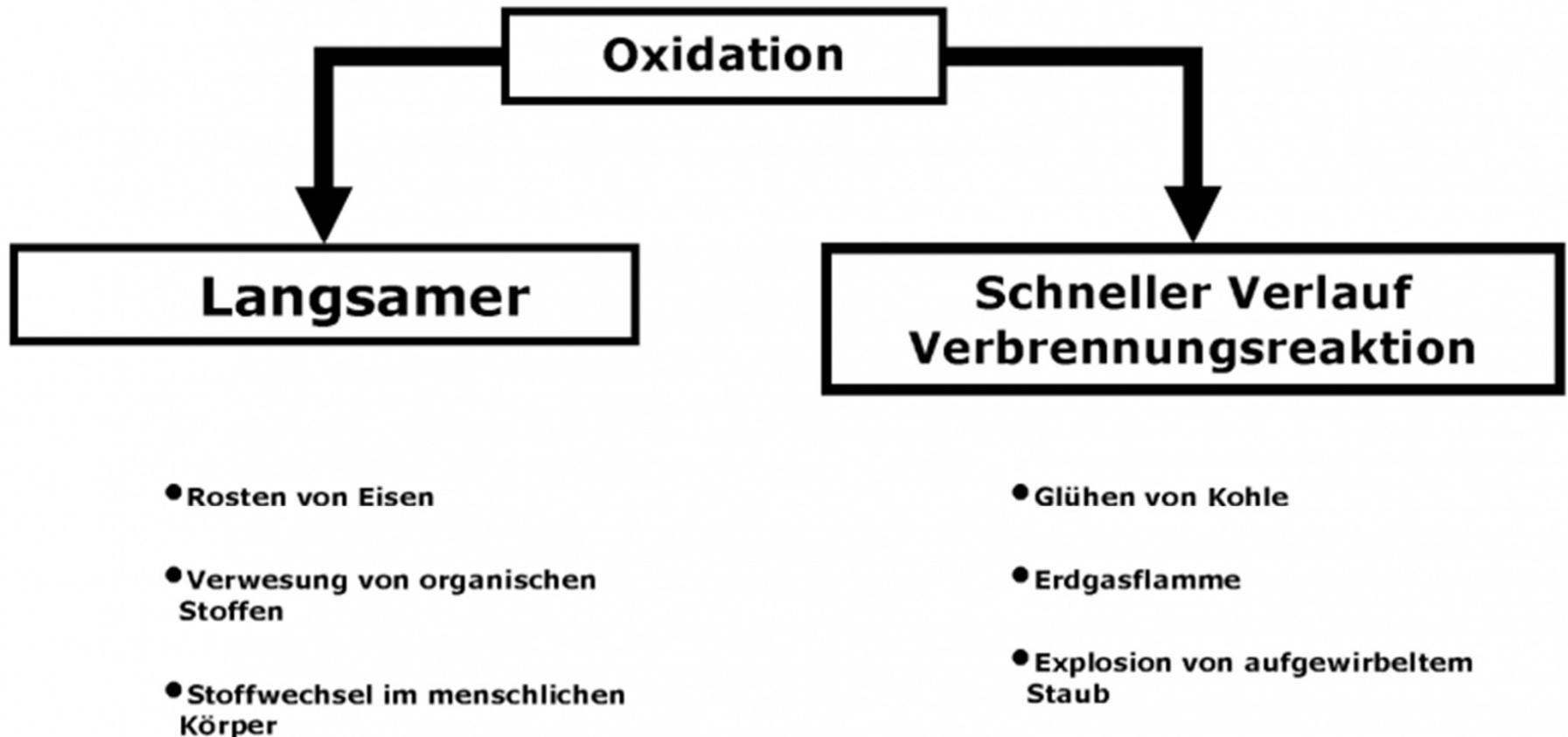
Lernziele

- Wie funktioniert **Verbrennung**?
- Welche **Löschmittel** halten die Feuerwehren vor?
- Welche **Haupt- und Nebenlöscheigenschaften** gibt es?
- Welche **Löschregeln** sind zu beachten?

Was ist mit Verbrennung gemeint?

- **Rasche Oxidation** unter starker **exothermer Reaktion**
 - „schnelle Reaktion mit Sauerstoff mit starker Wärmeabgabe und ggf. Lichterscheinung“
- **Ist jede Oxidation eine Verbrennung...?**
 - Natürlich nicht.. ;-)

Was ist mit Verbrennung gemeint?



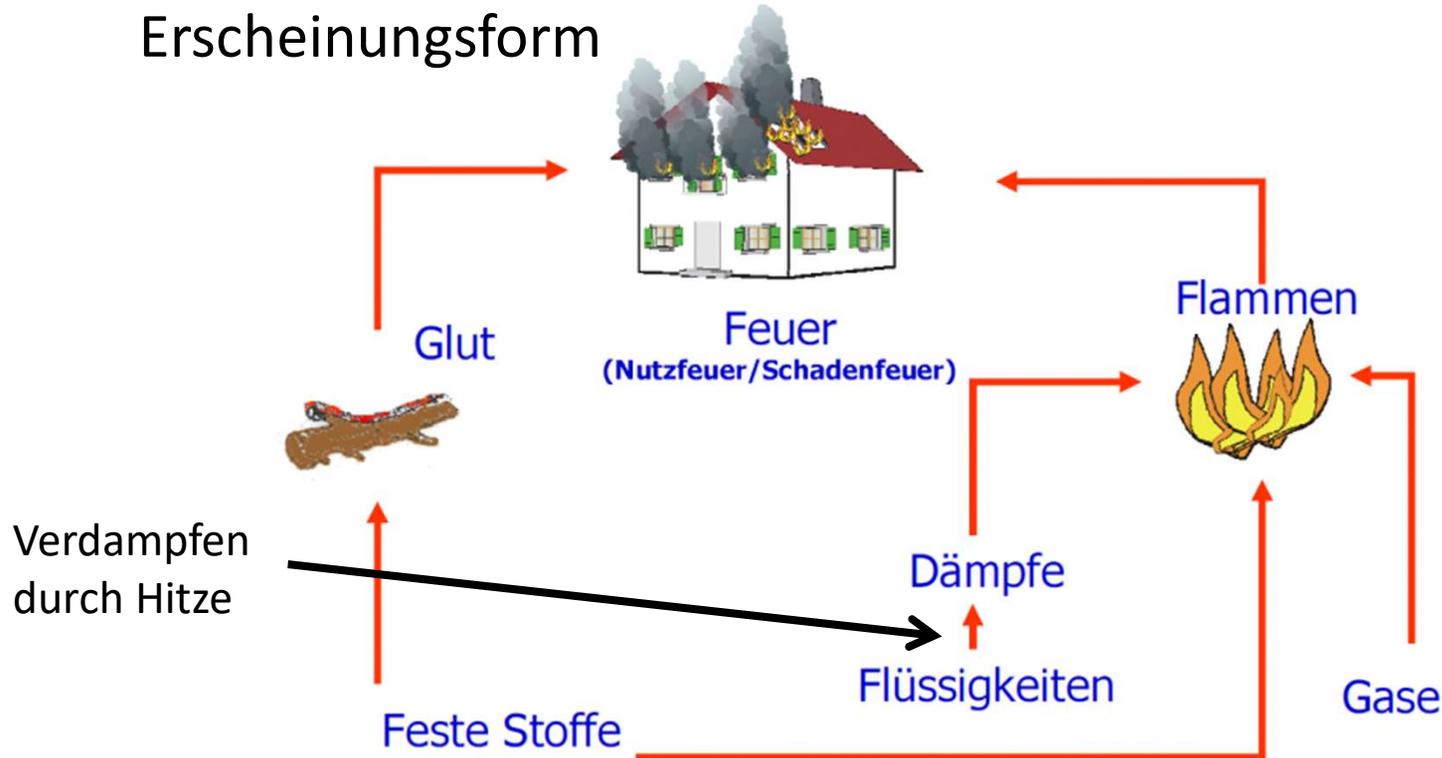
© Dirk Irmen, Feuerweherschule Köln

Was ist mit Verbrennung gemeint?

- **Beispiel:**
 - Eisen benötigt bei 21% Sauerstoff etwa 1 Jahr um zu Eisenoxid zu werden (Rost)
 - Gleicher Stoff bei einer Staubexplosion → ca 3 Sek.

Was ist mit Lichterscheinung gemeint?

- **Aggregatzustand** des brennbaren Stoffs entscheidet die Erscheinungsform



Wie funktioniert Verbrennung?



© Dirk Irmen, Feuerweherschule Köln

Das wäre doch zu einfach 😊

- **Stoffliche Voraussetzungen**
 - Brennbarer Stoff, O₂, Mischungsverhältnis
- **Energetische Voraussetzungen**
 - Zündenergie und/oder Mindestverbrennungstemperatur
- **Katalytische Voraussetzungen**
 - Heterogener/homogener Katalysator

Was sind Katalytische Voraussetzungen?

- **Katalysator:**
 - Stoff reagiert mit mindestens einem Ausgangsstoff (Edukt)
 - Bildet reaktionsfreudige Zwischenverbindung
 - **Beschleunigt Reaktion, mindert Aktivierungsenergie**
 - Wird nicht „verbraucht“
 - Beispiel: Zucker mit Asche

Was ist mit Mengenverhältnis gemeint?

- Verhältnis von brennbarem Stoff zu Sauerstoff
 - „Stöchiometrische Zusammensetzung“
- Optimale Verbrennung
=
Verbrennungsgeschwindigkeit am größten
- **Obere und Untere Explosionsgrenze (UEG /OEG)**
 - Bei allen Verbrennungen (v.a. Explosionen)

Was ist mit Mengenverhältnis gemeint?

- **UEG:**
 - **Konzentration von Stoff in Luft (21% O₂)**
 - Verbrennung setzt sich nach Zünden gerade nicht mehr selbständig fort
 - Bei Überschreiten:
 - **Selbständiges Brennen bis Erreichen der OEG**

Was ist mit Mengenverhältnis gemeint?

- **OEG:**
 - Gemisch „zu fett“ → zu wenig O₂ in Relation zu Stoff
 - Selbständiges Brennen durch O₂ Mangel nicht mehr möglich
 - **Achtung:** OEGs können durch O₂ Zufuhr hochgesetzt werden!

Brennen und Löschen

Was ist mit Mengenverhältnis gemeint?

Wird mit zusätzlich
Sauerstoff hochgesetzt

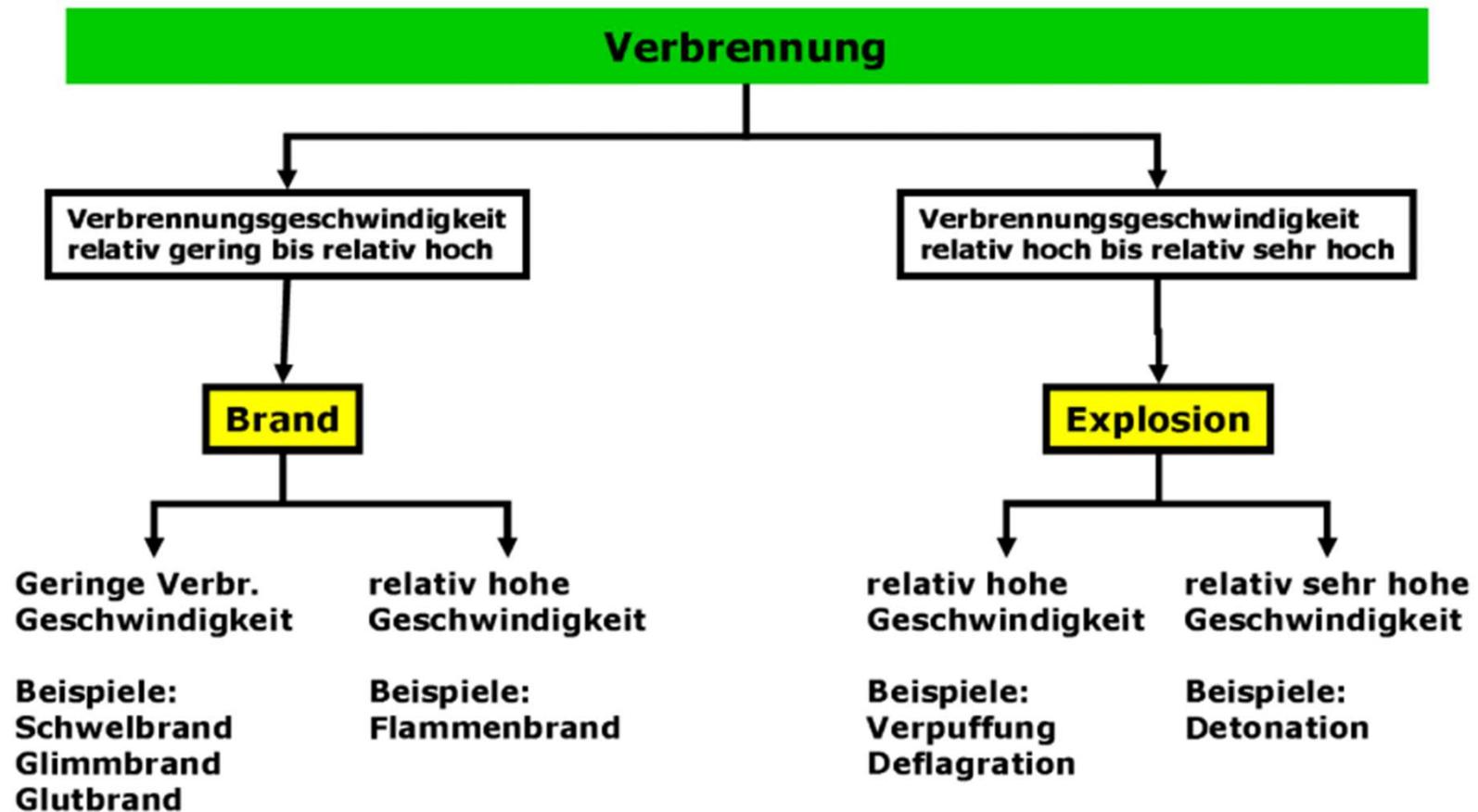


Was ist mit Mengenverhältnis gemeint?

- Optimales Mengenverhältnis
 - „Stöchiometrisches Mengenverhältnis“

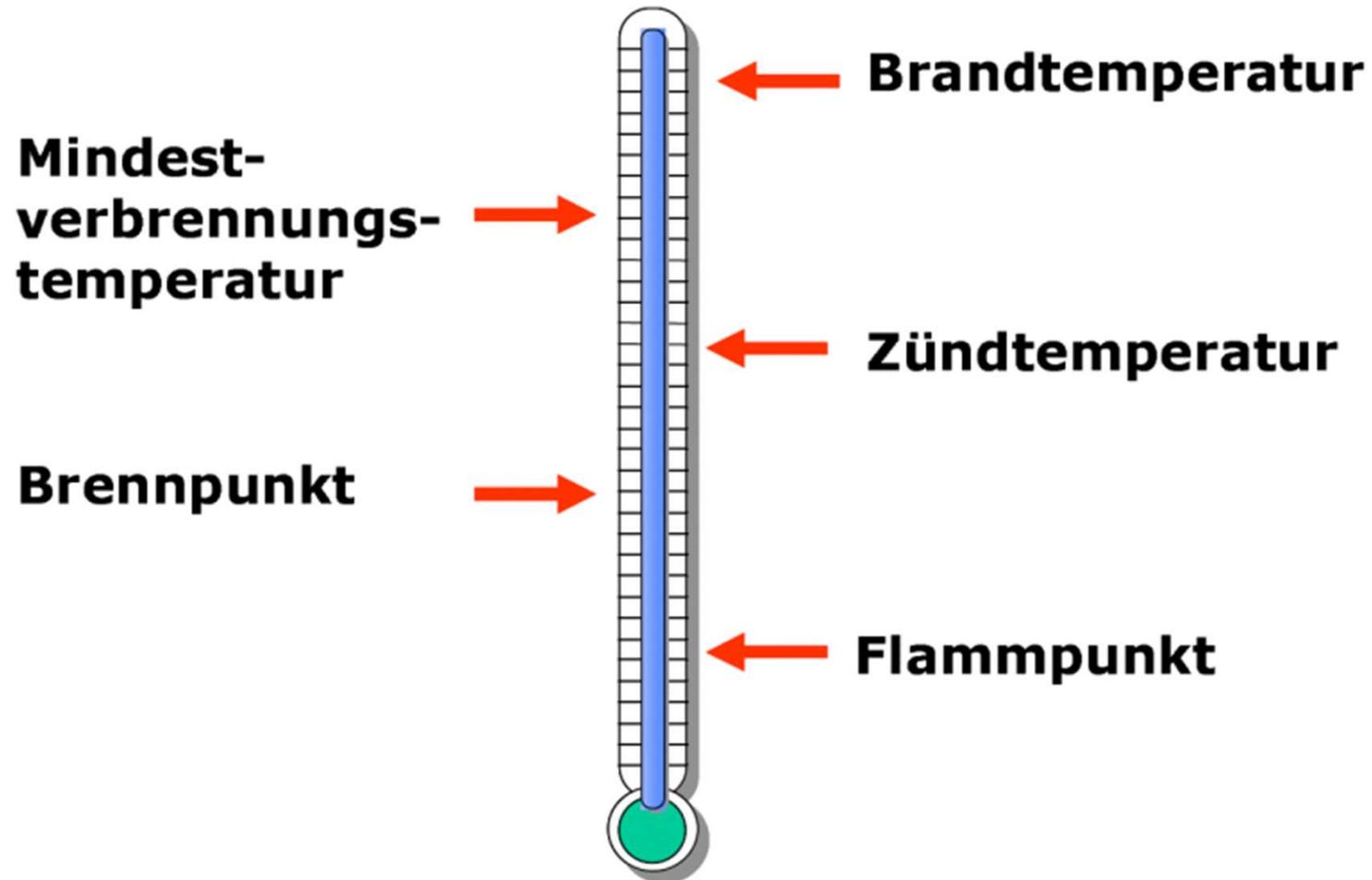
- **Niedrigste Zündenergie notwendig**
- **Schnellste Verbrennung**
- **Höchste Flammtemperatur / größter Explosionsdruck**

Was ist mit Mengenverhältnis gemeint?



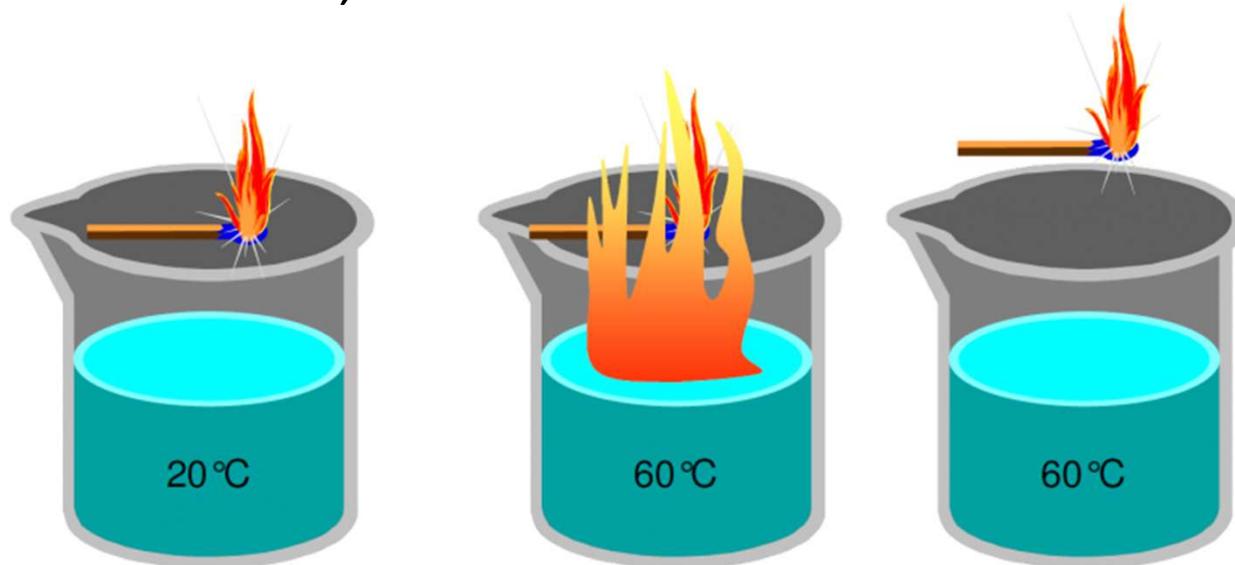
© Dirk Irmen, Feuerwehrschnle Köln

Wichtige Temperaturgrenzen



Flammpunkt bei Flüssigkeiten

- **Definition:**
„Temperatur bei welcher über dem Flüssigkeitsspiegel bei festgelegten Bedingungen genügend brennbare Dämpfe gebildet werden, welche sich entzünden können“ → **UEG**



Brennpunkt bei Flüssigkeiten

- **Definition:**
„niedrigste Flüssigkeitstemperatur, bei der sich Dämpfe in solchen Mengen entwickeln, dass nach ihrer Entzündung durch eine Zündquelle ein ständiges Brennen bestehen bleibt.“

Zündtemperatur in explosionsfähiger Atmosphäre

- **Definition:**
„niedrigste Temperatur einer erhitzten Oberfläche, an der dieses Gemisch gerade noch zum Brennen mit Flammenerscheinung angeregt wird“
 - **Fremdentzündung:** Flamme, Funken, heiße Oberfläche,(...)
 - **Selbstentzündung:** Gärprozess, Oxidation, Zerfallsreaktion,(...)

Mindestverbrennungstemperatur

- **Definition:**
 - Mindestenergiemenge damit Reaktion selbstständig weiterläuft
 - Wärmeverlust an Umgebung, Aktivierungsenergie und Aufbereitung der Stoffe werden energetisch abgedeckt
 - Wird Temperatur unterschritten, stoppt die Verbrennungsreaktion

Brandtemperatur

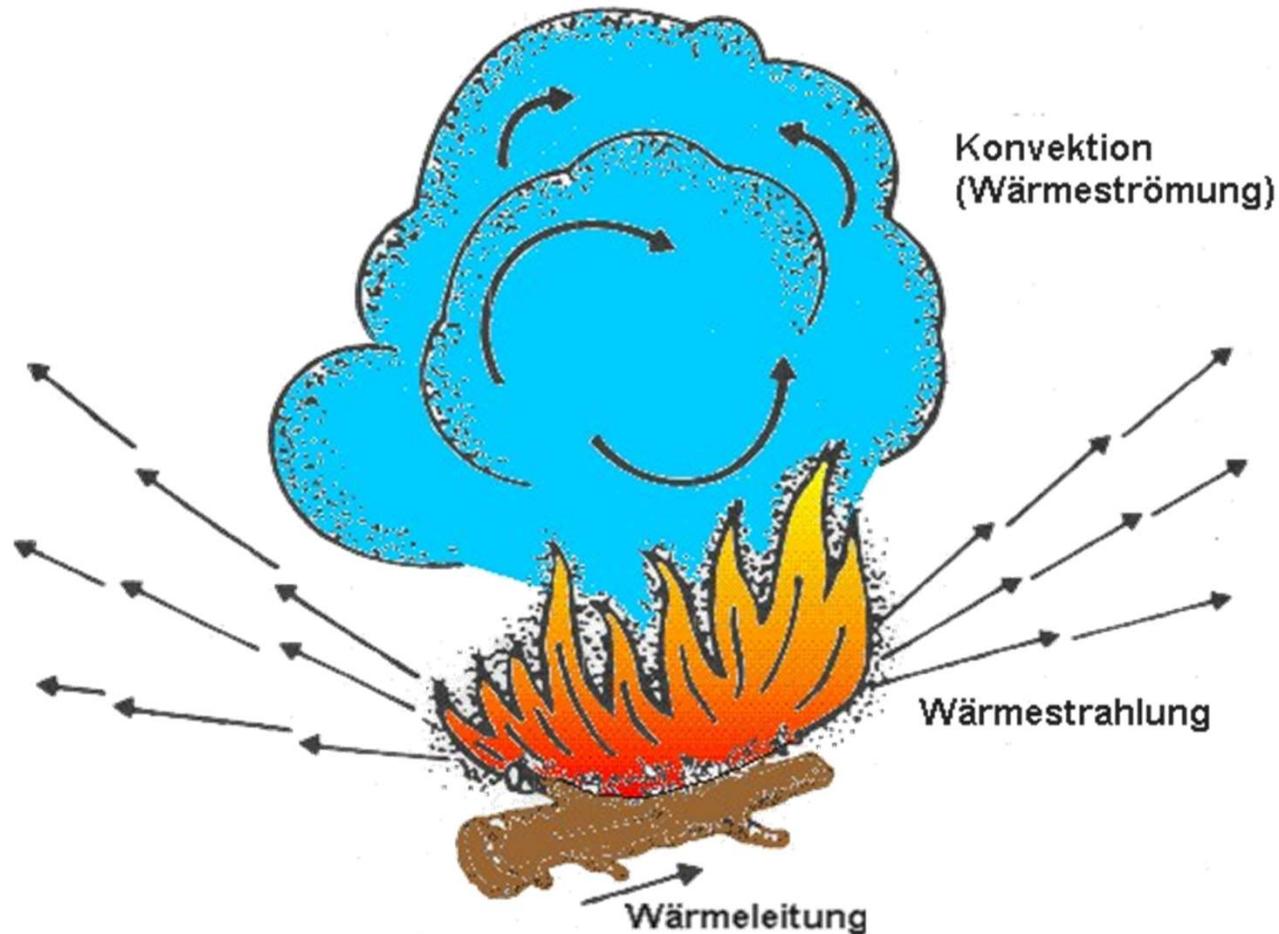
- **Definition:**
 - Durch überschüssige Reaktionswärme steigt die Verbrennungstemperatur auf die Brandtemperatur an

Stoff	Brandtemperatur in °Celsius	Stoff	Brandtemperatur in °Celsius
Acetylen	3100	Papier	800
Holz/Kohle	1100-1300	Ruß im Schornstein	1000-1200
Tabak	600-900	Stadtgas	1500
Wasserstoff	2000	Streichholz	800
Koks	1600		

Wärmetransport

- **Wärmeleitung:**
 - Übertragung zwischen benachbarten Teilchen
- **Wärmeströmung (Konvektion)**
 - Übertragung in Gas oder Flüssigkeit durch Temperaturunterschied
- **Wärmestrahlung**
 - Elektromagnetische Strahlung welche von Stoff an Umgebung abgibt >> Energieverlust

Wärmetransport

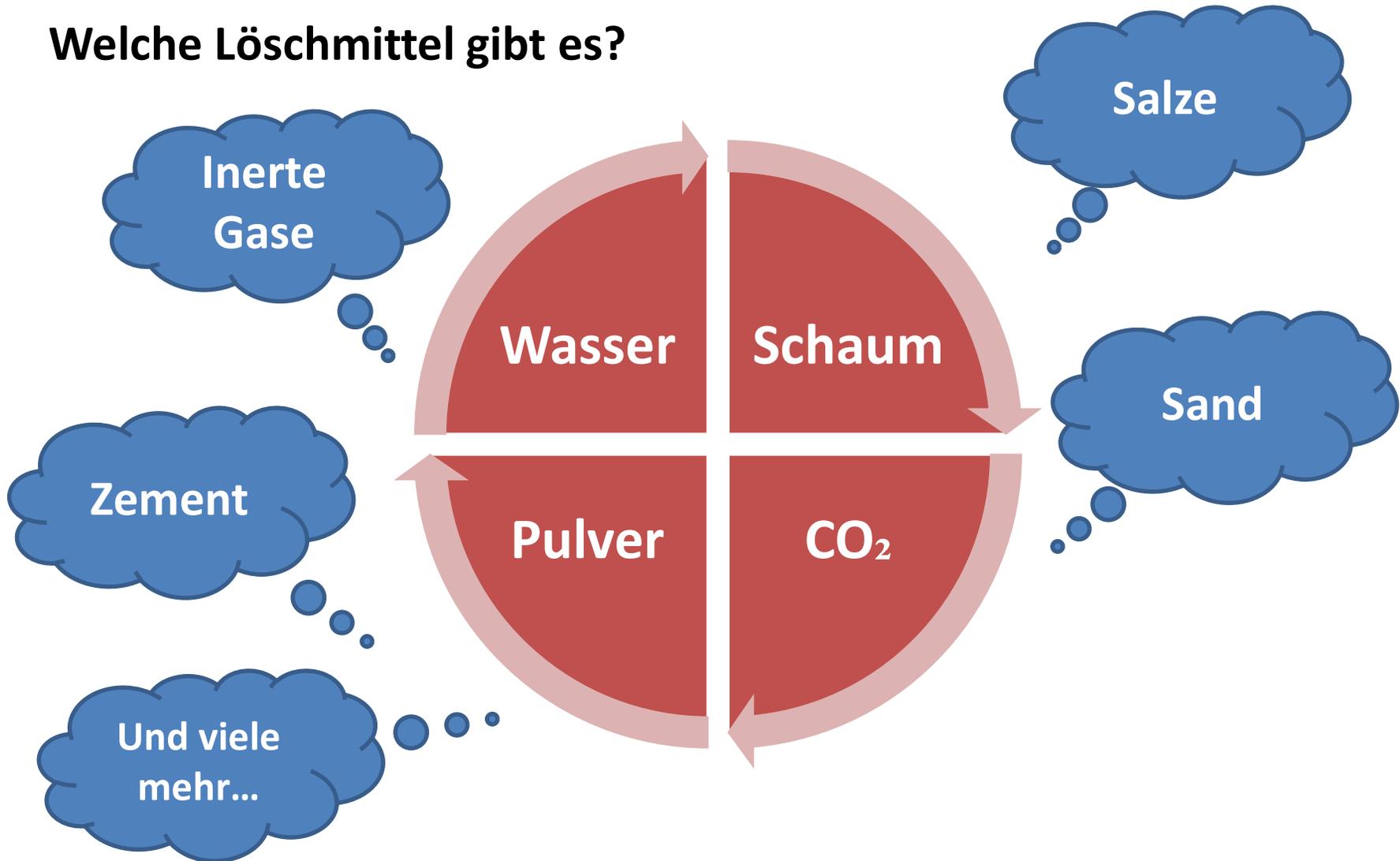


© Jörg Lauer, Feuerwehr Heusweiler

Welche Brandklassen gibt es?

Brandklasse	Symbol	Brandstoff	Erscheinungsbild	Beispiel
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	Natrium, Magnesium, Aluminium
F		Speisefette und -öle in Frittier- und Fettbackgeräten	Flammen	Speisefett Speiseöl

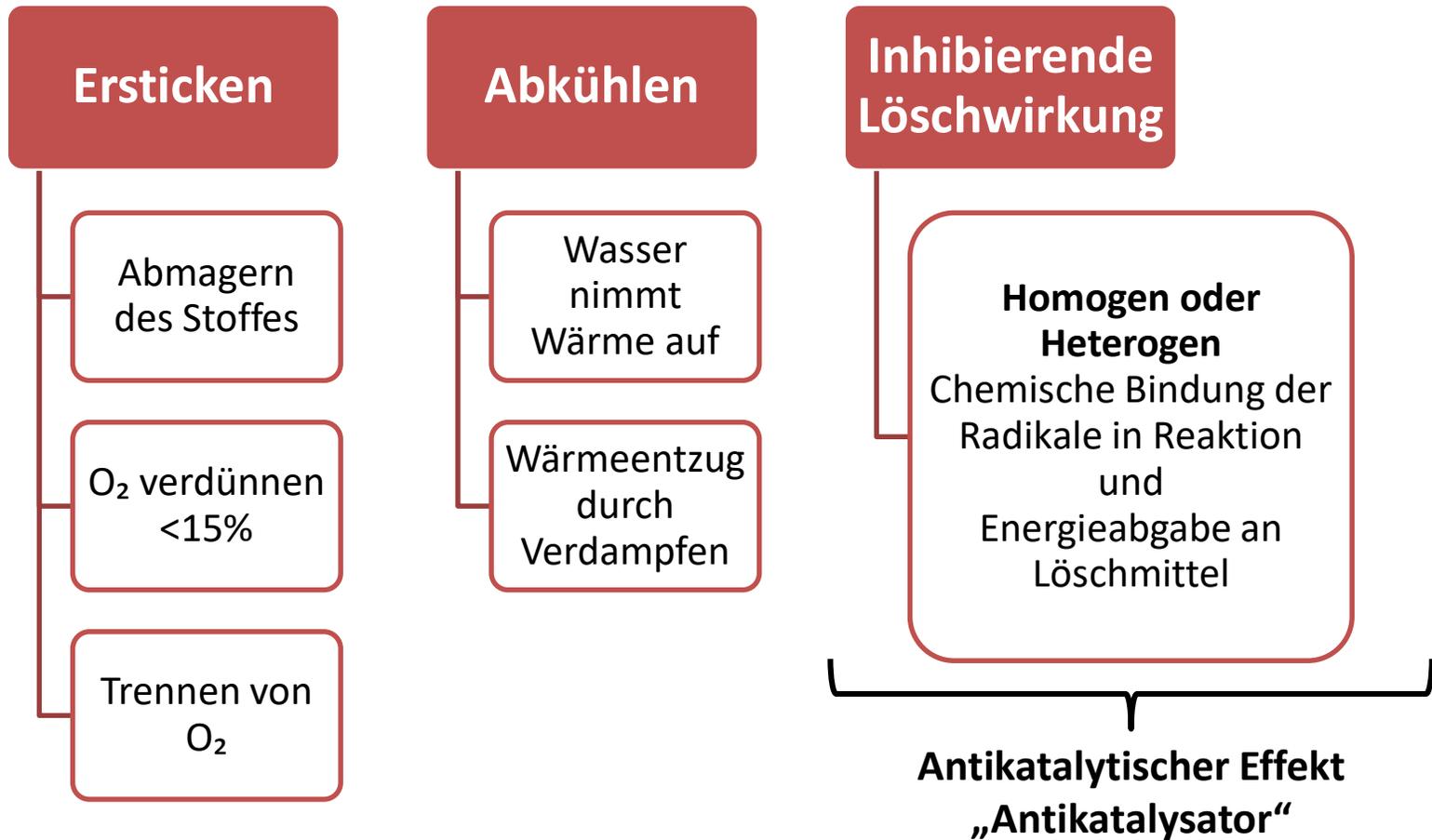
Welche Löschmittel gibt es?



Welche Löscheffekte gibt es?



Welche Löscheffekte gibt es?



Inhibierende Löschwirkung / „Antikatalytischer Löscheffekt“

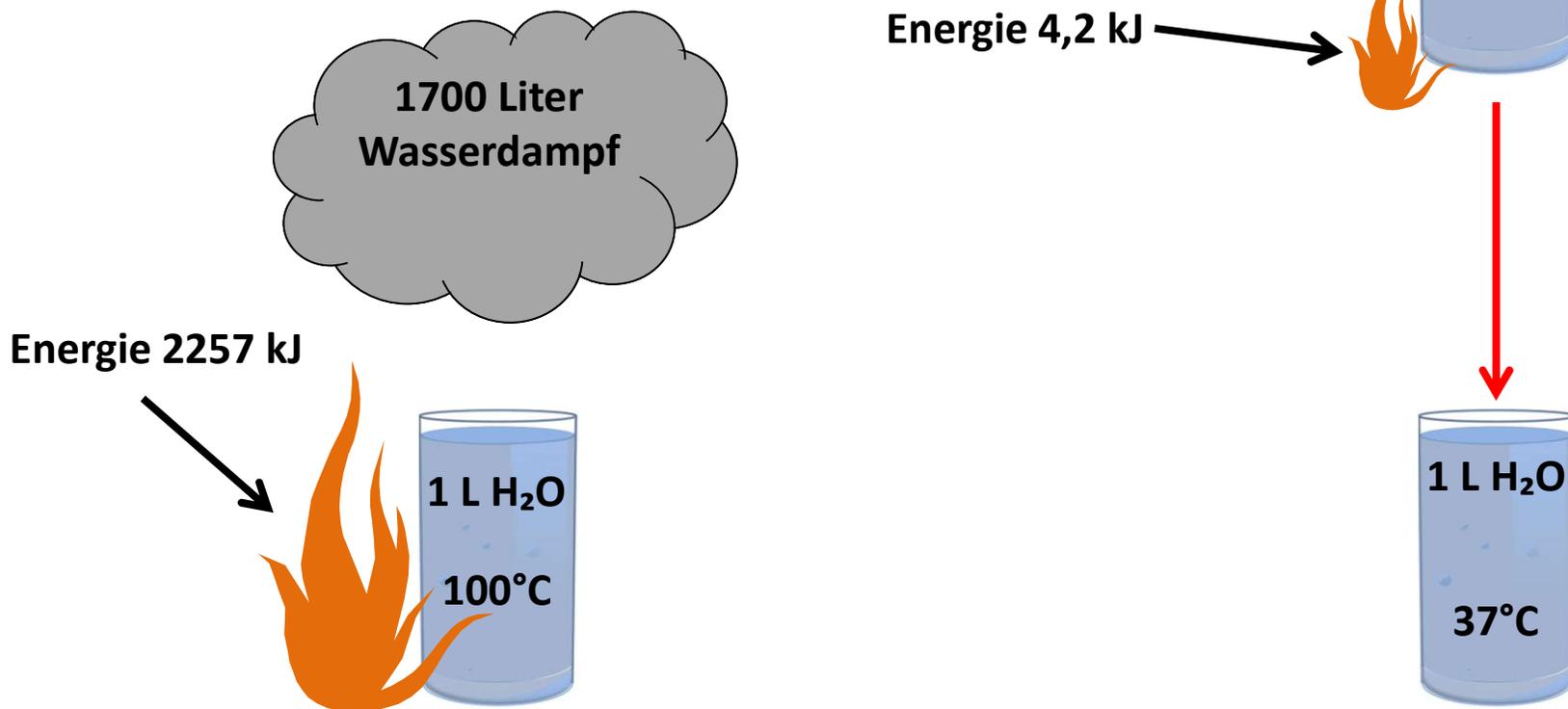
- **Unterbrechen der chemischen Reaktion**
 - Bindung der reaktionsfreudigen Radikale der Verbrennung
→ Rekombination: Neutralisierung von Potenzialunterschieden von Ionen und Elektronen
 - Wandeffekt durch große Oberfläche bei heterogener Inhibition
- „Antikatalysator“
 - **ABER:** Löschmittel wird verbraucht/verändert
 - daher Begriff „Antikatalysator“ chemisch gesehen falsch

Löschmittel Wasser



Löschmittel Wasser

- Kühlen durch Wärmeannahme



Löschmittel Wasser

- **Vollstrahl**
 - Hohe Wurfweite
 - Tiefes Eindringen in Brandgut

Löschmittel Wasser

- **Sprühstrahl**
 - Große Wasseroberfläche
 - Schnelle Kühlung
 - Kein Auswirbeln von Brandgut
 - Abstand zu E-Anlagen geringer

Löschmittel Wasser

- **Vorteile**
 - beinahe frei vorhanden
 - Günstig
 - leicht zu fördern
 - chemisch neutral / ungiftig

Löschmittel Wasser

- **Nachteile**
 - Gefrieren bei $< 0^{\circ}\text{C}$ \rightarrow 10% Volumen +
 - Elektrisch leitend
 - Wasserschäden
 - Zerfall in Bestandteile
 - Verbrühungsgefahr

Löschmittel Wasser

- Zerfall bei hohen Temperaturen

- 1500°C = 0,2%

- 2000°C = 2%

- 2500°C = 9%

- 2700°C = 15%



Löschmittel Wasser

- Für welche Einsatzbereiche geeignet?



Löschmittel Wasser

- **Warum nicht die Brandklasse F?**
 - Wasser sinkt in Topf nach unten
 - Sofortiges Verdampfen
 - Reißt brennendes Fett mit in Luft
 - Große Oberfläche des Fetts
 - **Viel Sauerstoff → heftige Reaktion → Explosion**



Löschmittel Schaum



Löschmittel Schaum

- **Haupt-Löscheffekt?**
 - **Trennen von Brennbarem Stoff zu Sauerstoff**
 - Besteht aus Wasser, Luft und Schaummittel
 - **Verschäumungszahl (VZ) ?**
 - Verhältnis zwischen eingesetztem **Flüssigkeitsvolumen** (Schaummittel + Wasser) und **Schaumvolumen**

Löschmittel Schaum

- **Schaummittelarten**
 - **Schwerschaummittel** 4-5 % Zumischrate
 - **Mehrbereichsschaummittel** ca.3 % Zumischrate
 - **Spezialschaummittel**
 - Beispiel: nicht leitend, Alkohol resistent

Löschmittel Schaum

- **Verschäumungszahl**
 - **Schwerschaum** VZ bis 20
 - **Mittelschaum** VZ 20 bis 200
 - **Leichtschaum** VZ über 200
- **Mehrbereichsschaummittel >> für alle Schaumarten**

Löschmittel Schaum

- **Nebenlöscheffekt**
 - Durch Zerfall der Schaumdecke
 - Freisetzen von Wasser >> **Kühleffekt**

Löschmittel Schaum

- **Nachteile**
 - Elektrisch leitende Schaumdecke
 - Verdeckt Gefahren unter Schaumdecke

Löschmittel Schaum

- Für welche Einsatzbereiche geeignet?



Löschmittel Kohlenstoffdioxid



Löschmittel Kohlenstoffdioxid

- **Haupt-Löscheffekt?**
 - **Verdrängt Sauerstoff**
 - **unter 15-17 Vol% Sauerstoff** nur noch wenige Verbrennungsreaktionen

Löschmittel Kohlenstoffdioxid

- **Vorteile**
 - Nicht elektrisch leitend
 - löscht rückstandsfrei
 - Kein Löschmittelschaden
- **Einsatz v.a. in E-Anlagen**

Löschmittel Kohlenstoffdioxid

- **Nachteile**
 - Im Freien schwierig zu dosieren
 - In Räumen ohne PA gefährlich, 1,5-fach schwerer als Luft
 - Glutnester glimmen weiter >> nicht für Brandklasse A
 - **Gefahr Metallbrände >> nicht für Brandklasse D**
 - Aufspalten und heftige Reaktion mit C und O

Löschmittel Kohlenstoffdioxid

- Für welche Einsatzbereiche geeignet?



Löschmittel Pulver



Löschmittel Pulver

- **BC-Pulver**
 - Inhibitionseffekt (heterogen)
- **ABC-Pulver**
 - Inhibitionseffekt
 - Zusätzlich Trenneffekt durch Schmelzschicht (Br.-Klasse A)
 - Keine Trennschicht bei Flüssigkeitsbränden

Löschmittel Pulver

- **D-Pulver**
 - Wirkt v.a. „trennend“ durch Schmelzschicht
 - Aber Temperatur beständiger als ABC-Pulver
 - Keine Gefahr durch Aufspalten
 - Daher keine Reaktion mit Löschmittel

Löschmittel Pulver

- **Vorteile**
 - Schnelle Löschwirkung
 - Schnelle Inbetriebnahme
 - Für mehrere Brandklassen geeignet

Löschmittel Pulver

- **Nachteile**
 - Löschmittelschaden
 - V.a. bei Elektrobränden
 - Geringe Wurfweite
 - Gefahr der Rückzündung

Löschmittel Pulver

- Für welche Einsatzbereiche geeignet?



D-Pulver

ABC-Pulver



Brennen und Löschen

Noch Fragen..?



Quellen

Aktuelles Grundwissen Feuerwehr - Schott/Ritter (2016)

Die Roten Hefte

Feuerweherschule Köln

FwDV 1

Fachbereich Ausbildung Feuerwehr Heusweiler

Feuerweherschule des Saarlandes - Lernzielkatalog