

Brand- und Löschlehre

Brandlehre

Oxidation

- Reaktion mit Sauerstoff
Exothermer Vorgang – Energie wird in Form von Wärme freigesetzt, bei beschleunigter Oxidation Licht oder Feuer

Brennen

- chemischer physikalischer Vorgang
- Verbrennung ist ein Sonderfall der Oxidation

Jede Verbrennung ist eine Oxidation – aber nicht jede Oxidation eine Verbrennung!

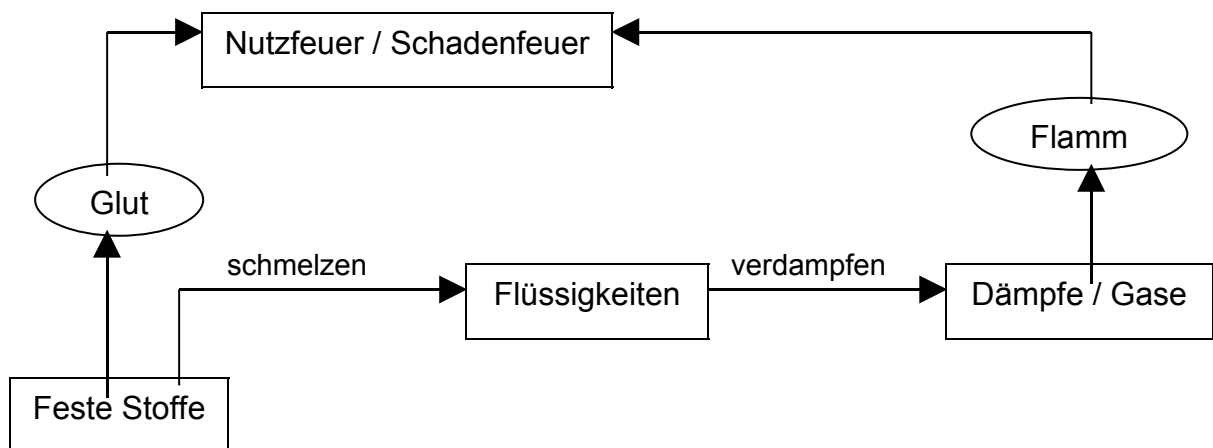
Feuer

- die äußere, sichtbare Begleiterscheinung einer Verbrennung, die in Form von Flammen oder Glut auftritt

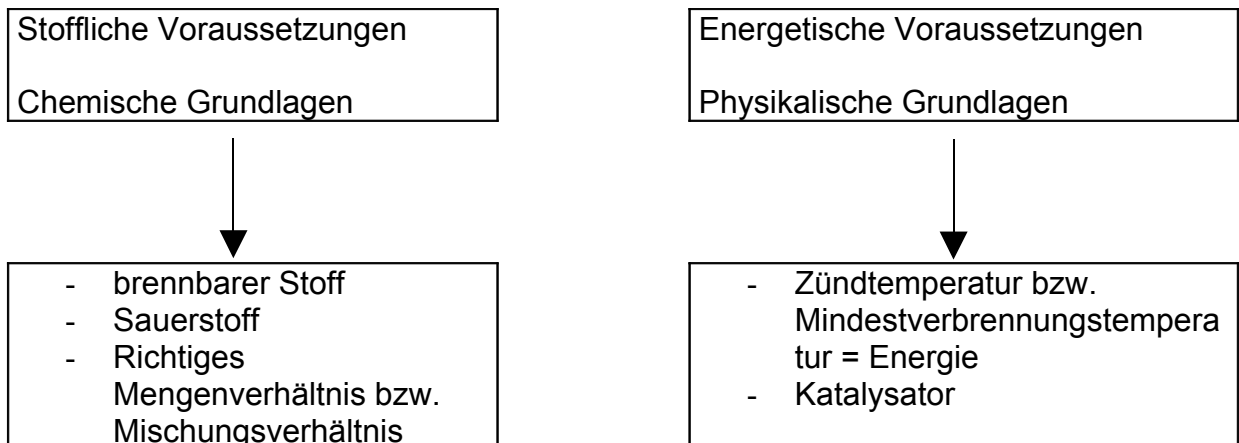
Brand

- ist ein nicht bestimmungsgemäßes Brennen (Schadenfeuer), das sich unkontrolliert ausbreitet

Erscheinungsformen einer Verbrennung



Voraussetzungen einer Verbrennung



Brennbare Stoffe (Definition)

- Sind gasförmige, flüssige oder feste Stoffe einschließlich Dämpfe, Nebel, Stäube, die im Gemisch oder im Kontakt mit Sauerstoff zum Brennen angeregt werden können.
 - Feste Stoffe
die bei einem Luftdruck von 1013 hPa und bei 20° C in festem Zustand vorliegen
 - Flüssige Stoffe
die bei einem Luftdruck von 1013 hPa und bei 20° C in flüssigem Zustand vorliegen
 - Dämpfe
gasförmiger Zustand von flüssigen Stoffen, deren Siedepunkt bei 1013 hPa über 20° C liegt
 - Gase
gasförmiger Zustand bei 1013 hPa und 20° C
 - Stäube
fein verteilte feste Stoffe in der Luft
 - Nebel
fein verteilte Flüssigkeiten in der Luft

Einteilung brennbarer Stoffe

Brandklasse	Form / Zustand	Erscheinungsbild der Verbrennung	Beispiele
A	Brennbare feste Stoffe	Flamme u./o. Glut	Stroh, Holz
B	Brennbare flüssige oder werdende flüssige Stoffe	Flamme	Benzin, Öl, Kerzenwachs
C	Brennbare Gase	Flamme	Erdgas
D	Metalle, Legierungen	Glut	Stahlwolle, Magnesium, Aluminium
(F)	Fette		

Sauerstoff (O)

- nicht brennbares Gas
- in der Luft Anteil von 21%, im Wasser 89%
- Verbrennung läuft je nach Sauerstoffgehalt schneller oder langsamer ab
- Mindestsauerstoffkonzentration von 15% wird für die meisten brennbaren Stoffe benötigt

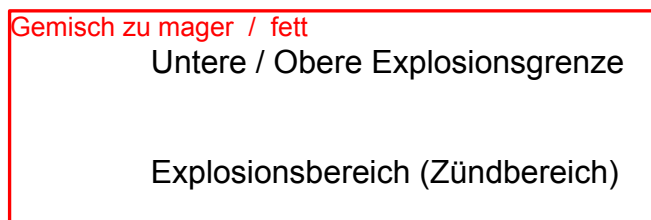
Zusammensetzung in der Luft

- Sauerstoff 21%
- Stickstoff 78%

- Edelgase 0,96%
- Kohlendioxid 0,04%

Mengenverhältnis

- Verhältnis der Menge des brennbaren Stoffes zu der Menge von Sauerstoff



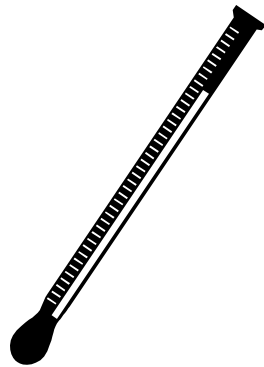
Flammpunkt bei Flüssigkeiten

Der Flammpunkt einer brennbaren Flüssigkeit ist die niedrigste Flüssigkeitstemperatur, bei der sich unter festgelegten Bedingungen Dämpfe in einer solchen Menge entwickeln, dass sich über dem Flüssigkeitsspiegel ein durch Fremdentzündung entzündbares Dampf-Luft-Gemisch bildet.

Brennpunkt

Der Brennpunkt einer brennbaren Flüssigkeit ist die niedrigste Flüssigkeitstemperatur, bei der sich unter festgelegten Bedingungen Dämpfe in einer solchen Menge entwickeln, dass nach ihrer Entzündung durch eine Zündquelle ein selbständiges Weiterbrennen erfolgt.

Flammpunkte



entzündlich	<u>21° – 55° C</u>
Leicht entzündlich	<u>0° – 21° C</u>
Hochentzündlich	<u>- 0° C</u>

Zündtemperatur

Mindesttemperatur, bei der der Stoff ohne Zugabe einer Zündquelle sich selber entzündet. Das Erreichen der Zündtemperatur kann über zwei Wege erfolgen (Aktivierungsenergie)

- Fremdentzündung
Dies ist eine von außen zugeführte Zündenergie wie z.B. eine offene Flamme, eine heiße Oberfläche, Wärmestrahlung etc.
- Selbstentzündung
Dies ist eine Entzündung durch die eigene Reaktionswärme des brennbaren Stoffes z.B. feuchtes Heu, ölgetränkte Faserstoffe. Diese Stoffe oxidieren schon bei normaler Temperatur und wenn die dabei erzeugte Wärme nicht abgeführt werden kann, kommt es zum Wärmestau. Dadurch erhöht sich die Oxidationsgeschwindigkeit und somit auch die Temperatur des Stoffes, bis hin zur Zündung.

Mindestverbrennungstemperatur

Ist die Verbrennung eingeleitet, ist eine Mindestenergie für die Fortführung der Verbrennung erforderlich.

Entzündlichkeiten

- selbstentzündliche Stoffe
- leicht entzündliche Stoffe
- normal entzündliche Stoffe
- schwer entzündliche Stoffe

Brennbarkeiten

- leicht brennbare Stoffe
- normal brennbare Stoffe
- schwer brennbare Stoffe

Katalysatoren

sind Stoffe, die mit mindestens einem der Ausgangsstoffe eine reaktionsfähige Zwischenverbindung bilden, welche dann mit anderen Stoffen so weiterreagieren, dass die Katalysatoren im Verlauf der Gesamtreaktion weiter zurückgebildet werden.

Beschleunigt die Verbrennungsgeschwindigkeit

- Luftzufuhr
- Sauerstoffkonzentration
- Mengenverhältnis
- Oberflächenbeschaffenheit
- Temperatur

Verbrennungstemperatur (Brandtemperatur)

Die auftretenden Temperaturen sind abhängig von

- Heizwert
- Verbrennungsgeschwindigkeit
- Wärmeverlust

Druckgefäßzerknall

Durch Erwärmung des Behälters kommt es zu einer Volumenvergrößerung des Inhaltsstoffes und damit zu einem Druckanstieg, der zum Bersten des Behälters führt.

Stichflamme

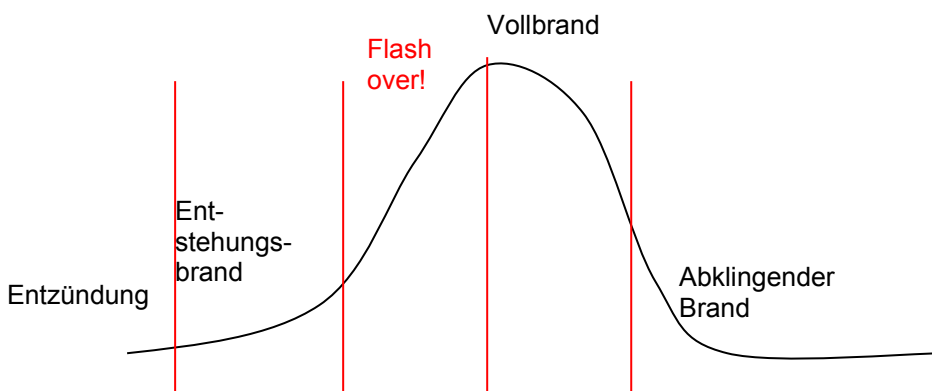
Durchzündung von Brandrauch etc. bei Vermischung mit der Umgebungsluft außerhalb des Brandraumes (zu fettes Gemisch)

Staubexplosion

Durch Aufwirbeln von feinem Staub kann sich ein gefährliches Staub-Luft-Gemisch bilden, dass beim geringsten Funken zur Explosion führt.

Rauchdurchzündung („Flash over“)

Eine Rauchdurchzündung ist der Übergang eines Entstehungsbrandes zu einem Vollbrand, wobei die Pyrolyseprodukte durch Wärmestrahlung etc. innerhalb von wenigen Sekunden durchzündet.



Anzeichen für einen Flash over

- sehr starker Temperaturanstieg
- Flammenzungen („Dancing Angels“)
- Starke Rauchentwicklung

Maßnahmen gegen einen Flash over

- Sicherstellen eines Rauchabzuges
- Vorsichtiges Öffnen von Fenstern und Türen
- Verwendung geeigneter Strahlrohre (Hohlstrahlrohr) zur Abkühlung des Brandrauches

Rauchexplosion („Backdraft“)

Zu fettes Gemisch, dass bei Zufuhr von Sauerstoff eine plötzliche Entzündung hervorruft, wenn es zuvor nicht zu einem Flash over gekommen ist.

Anzeichen für einen Backdraft

- späte Branderkennung
- geschlossener Brandraum, heiße Türklinke oder mit Ruß beschlagene Scheiben
- Luftzug im Raum, beim Öffnen von Türen, etc.

Rauchgasexplosion kann auch noch Stunden nach einem Brand auftreten!

Maßnahmen gegen einen Backdraft

- Sicherstellen eines Rauchabzuges
- Verwendung geeigneter Strahlrohre
- Notfalls: Einleitung einer Rauchgasexplosion durch Einschlagen einer Fensterscheibe (bei akuter Gefahr)

Löschlehre

Löschmittel sind feste, flüssige oder gasförmige Stoffe, die derart in den Verbrennungsvorgang eingreifen, dass die Verbrennung eingedämmt und unterbunden wird.

Löschmethoden

Wirkung	Vorgang	Maßnahmen
Stickeffekt	Verdünnung des Sauerstoffes	Einsatz von CO ₂
	Abmagerung des brennbaren Stoffes	Entfernung des brennbaren Stoffes
	Trennung beider Stoffe	Luftabschluss mittels Schaum, Pulver
Kühleffekt	Erwärmung des Löschmittels	Einsatz von Wasser
	Verdampfung des Löschmittels	Einsatz von Wasser
Antikatalytischer Effekt	Homogene Inhibition	Einsatz von Halonen
	Heterogene Inhibition	Einsatz von ABC- oder BC-Löschpulver

Wasser H₂O

- Vorteile

- preiswertes Löschmittel
- am leichtesten in großer Menge beschaffbar
- gute Transportmöglichkeiten
- größtes Wärmebindungsvermögen
- verschieden einsetzbar (Voll-, Sprühstrahl, Wassernebel)
- ungiftig und chemisch neutral
- hohe Wurfweiten und -höhen

- Nachteile

- Wasser gefriert unter 0° C
- Wegen hoher Dichte relativ schwer, so dass es bei unsachgemäßer Anwendung zu Gebäudeschäden (Einsturz) kommen kann
- Bestimmte Stoffe (Hülsenfrüchte, Getreide) quellen auf und können beispielsweise Silowände auseinanderdrücken
- Schadstoffe im abfließenden Löschwasser
- Löschwasser ist elektrisch leitend

1 Liter Wasser ergibt ca. 1.700 Liter Wasserdampf!

Anwendungsmöglichkeiten von Wasser

Vollstrahl

- große Wurfweite und Wurfhöhe
- große mechanische Wirkung
- große Eindringtiefe
- große Wasserschäden möglich
- Aufwirbelung von Staub (Staubexplosion)

Sprühstrahl

- Abdeckung einer großen Fläche
- Gutes Verhältnis Oberfläche / Masse (Wärmebindung)
- Geringer Sicherheitsabstand in elektrischen Anlagen
- Großes Aufnahmevermögen von Gasen und Dämpfen

Wassernebel

- geringer Wasserverbrauch
- optimales Verhältnis Oberfläche / Masse
- größtes Aufnahmevermögen von Gasen und Dämpfen
- geringster Wasserschaden
- Verbrühungsgefahr

Brände der Brandklasse B

- bedingt einsetzbar, es muss beachtet werden
 - evtl. geringere Dichte der brennbaren Flüssigkeit (Gefahr des Überlaufens)
 - Mischbarkeit
 - Temperatur (Fettexplosion)

Brände der Brandklasse C

- evtl. mittels Sprühstrahl die Flamme abkühlen (Gefahr der Rückzündung, besser „Gas abstellen“)

Brände in elektrischen Anlagen

- Abstandsrichtwerte bei Elektrizität

	Niederspannung	Hochspannung
Vollstrahl	1 m	5 m
Sprühstrahl	5 m	10 m

Säure und Laugen

- spezielle Schutzkleidung und Atemschutz tragen
- Nicht mit Wasser verdünnen, da die Gefahr heftiger Reaktionen besteht und durch die Wasserabgabe das Volumen vergrößert wird

Wasser darf nicht zur Anwendung kommen bei:

- Metallbrände
Alle Metalle bis auf Erdmetall brennen
Einige Metalle können auch im Wasser brennen bis zu 1.000° C
Verbrennungstemperaturen
- Schornstein- / Kaminbrände
Durch Rußablagerungen kann es innerhalb eines Schornsteines zu Temperaturen von 1.000° C und mehr kommen. Bei Einsatz mit Wasser kommt es zu einem Überdruck im Schornstein, da 1 Liter Wasser ca. 1.700 Liter Wasserdampf ergeben.
Maßnahmen gegen Kaminbrand:
 - ABC-Pulver in Ausnahmefällen
 - Entfernen des Rußes
- Chemikalien, die mit Wasser heftig reagieren
Eine Vielzahl an chemischen Stoffen reagieren bei Berührung mit Wasser heftig. Bei Gefahrguttransporten steht vor der Gefahrennummer ein X.
- Fettexplosion
Siedetemperatur > 100° C
Gelangt Wasser in Fett, verdampft schlagartig das Wasser, da die Siedetemperatur des Fettes weit über der Siedetemperatur des Wassers liegt. Dabei werden Öltröpfchen aus dem Behälter geschleudert. Es kommt zu einer Brandausbreitung und durch die Tröpfchenverteilung evtl. zu einer Stichflamme.

Schaum

Schaum	Brandklassen	Löschwirkung	Einsatzbereich
Schwertschaum VZ 1-20	AB	Kühlwirkung Stickwirkung	Schiffsbrände, Flughäfen (Landebahn)
Mittelschaum VZ 21-200	AB	Kühlwirkung Stickwirkung	Fluten von Räumen, Schutz von brandgefährdeten Objekten
Leichtschaum VZ 201-1000	AB	Stickwirkung	Fluten von großen Räumen und Hallen (Öffnung zum Entweichen der Luft schaffen)

Schaummittel

- Schwerschaummittel
- Protein-Schaummittel
- Wasserfilmbildende Schaummittel
- Fluor-Protein-Schaummittel
- Mehrbereichsschaummittel
- Spezialschaummittel (alkoholbeständig)

Begriffe der Schaumberechnung

- Zumischung ZM
Prozentualer Anteil an Schaummittel (SM) im Wasser-Schaummittel-Gemisch (WSG)
- Verschäumungszahl VZ
Faktor, um den sich das Flüssigkeitsvolumen bei der Verschäumung vergrößert
- Zerstörungsrate ZR
Ist die prozentuale Angabe des Schaumverlustes durch
 - o direkte Flammenberührung
 - o Strahlungswärme
 - o Heiße brennende Flüssigkeiten
 - o Berührung von heißen Oberflächen
 - o Rauch, Dämpfe, etc.

Schaummittelberechnung

$$\mathbf{SM = WSG * ZM}$$

$$\mathbf{Max. Einsatzdauer = Schaummittelvorrat / SM}$$

$$\mathbf{SV_G = VZ * WSG * max. Einsatzdauer}$$

Einsatzgrundsätze

Faustwert für

- o Schwerschaum 2 l SM / m²
 - o Mittelschaum 0,5 l SM / m²
- sauberes Wasser, saubere Luft
 - Schaum nicht direkt in die brennende Flüssigkeit
 - Möglichst viele Rohre gleichzeitig einsetzen
 - Schaum nicht bei Elektrizität
 - Schaum nicht bei vermissten Menschen einsetzen
 - SM nicht miteinander mischen

Vorteile

- gute Löschwirkung bei Brandklasse B
- erstickende und abkühlende Wirkung
- leicht beweglich
- unzugängliche Räume können geflutet werden

Nachteile

- elektrisch leitend
- Verschmutzung
- Umweltbelastend
- Leicht- und Mittelschaum kann durch Wind / Thermik fortgetragen werden

Löschpulver

Vorteile

- ungiftig
- unschädlich
- nicht ätzend
- rieselfähig
- lagerfähig
- Wasserabweisend, nicht elektrisch leitend

Nachteile

- große Verschmutzungsschäden
- Rückzündungsgefahr
- Sichtinderung durch Pulverwolke
- Schmelze ist elektrisch leitfähig
- Nur bis 1kV einsetzbar, keine Hochspannung

Löschpulver	Brandklassen	Löschwirkung	Einsatzbereich	Nachteile
BC	Flüssigkeits- und Gasbrände	Heterogene Inhibition (schlagartige Wirkung)	Raffinerien, Tankanlagen	Keine Kühlwirkung (Gefahr der Rückzündung), große Verschmutzung
ABC	Feststoff-, Flüssigkeits- und Gasbrände	Bei BC inhibierende Wirkung, bei A-Bränden Bildung der Glasurschicht (Schmelze, Sauerstoffzufuhr unterbrochen)	Brandrisiko mit mehreren Brandklassen (KFZ, Gefahrguttransporte)	Keine Kühlwirkung (Gefahr der Rückzündung), große Verschmutzung
D	Metallbrände	Bildung der Glasurschicht (Schmelze, Sauerstoffzufuhr unterbrochen)	Ein universales Pulver für alle Metalle gibt es nicht	Bildung von Atemgiften

Kohlendioxid CO₂

Vorteile

- rückstandslos, sauber
- elektrisch nicht leitend
- nicht ätzend, nicht korrosiv
- einsetzbar bei negativen Temperaturen

Nachteile

- bei Glutbränden wirkungslos
- keine Kühlwirkung
- Rückzündungsgefahr
- Giftig
- CO₂ – Gasstrahl kann brennende Stoffe aufwirbeln
- Schädigend (Nebel)
- Im Freien fast wirkungslos

Um den Sauerstoffgehalt von 21% unter 15% zu reduzieren, ist eine CO₂ – Konzentration von mindestens 30% erforderlich

CO ₂	Brandklassen	Löschwirkung	Einsatzbereich
Schnee (Schneerohr)	B (Flüssigkeitsbrände)	Stickwirkung	Laboratorien, EDV
Nebel (Nebeldüse)	B		
Gas	C (Gasbrände)		

Übersicht der Löschmittel

Löschmittel	Brandklassen				Anwendung in elektrischen Anlagen
	A	B	C	D	
Wasser (Vollstrahl)	Ja	Nein	Evtl.	Nein	Evtl.
Wasser (Sprühstrahl)	Ja	Evtl.	Evtl.	Nein	Ja
Wasser (Netzmittel)	Ja			Nein	
Schaum	Evtl.	Ja			
BC-Löschpulver		Ja	Ja		Ja
ABC-Löschpulver	Ja	Ja	Ja		
D-Löschpulver				Ja	
Kohlenstoffdioxid		Ja	Ja	Nein	Ja