



# Feuerwehr Siegen

Brandlehre



### Lernziel

Der Teilnehmer erlangt in den folgenden Unterrichtseinheiten Kenntnisse und Informationen über die Grundlagen der Brandlehre, insbesondere die Voraussetzungen einer Verbrennung. Im Anschluss an diesen Unterricht kann der Teilnehmer selbstständig den Brandvorgang, seine Art und Formen wiedergeben.

# Grundlagen der Verbrennung

- Oxidation
- Brennen
- Feuer
- Verbrennung mit Sauerstoff
- Verpuffung, Deflagration und Detonation
- Erscheinungsformen der Verbrennung
- Brandklassen

## Oxidation

- Oxidation ist eine Verbindung eines Stoffes mit Sauerstoff (lat. Oxygenium)
- Hierbei handelt es sich um eine chemische Reaktion bei dem der Sauerstoff als Oxidationsmittel dient.

## Brennen

- „eine mit Flamme und /oder Glut selbständig ablaufende exotherme Reaktion zwischen einem brennbaren Stoff und Sauerstoff“
- Eine chemische Reaktion ist dann exotherm, wenn dabei Wärme freigesetzt wird.

# Feuer

- ...ist die sichtbare Begleiterscheinung einer Verbrennung.
- Je nach Aggregatzustand des brennbaren Stoffes kann das Feuer in verschiedenen Erscheinungsformen Glut und / oder Flamme auftreten.  
(Erscheinungsformen der Verbrennung)

## Nutzfeuer

- Bestimmungsgemäßes Brennen
- Der brennbare Stoff ist zur Verbrennung vorgesehen.

## Schadenfeuer

- Nicht bestimmungsgemäßes Brennen
- Es breitet sich unkontrolliert aus.
- Das Schadenfeuer nennt man auch Brand.

## Verbrennung mit Sauerstoff

- Gasförmiger Stoff
- Chemisches Element (O), 8. Element im Periodensystem
- In der Luft kommt es als Molekül vor, zweiatomig  $O_2$
- Farb-, geruch- und geschmacklos
- Selbst nicht brennbar
- Schwerer als die Umgebungsluft
- reaktionsfreudig

## Atmosphärenluft

- 21 Vol.-% Sauerstoff  $O_2$
- 78 Vol.-% Stickstoff  $N_2$
- 0,04 Vol.-% Kohlenstoffdioxid  $CO_2$
- 0,96 Vol.-% Edelgase

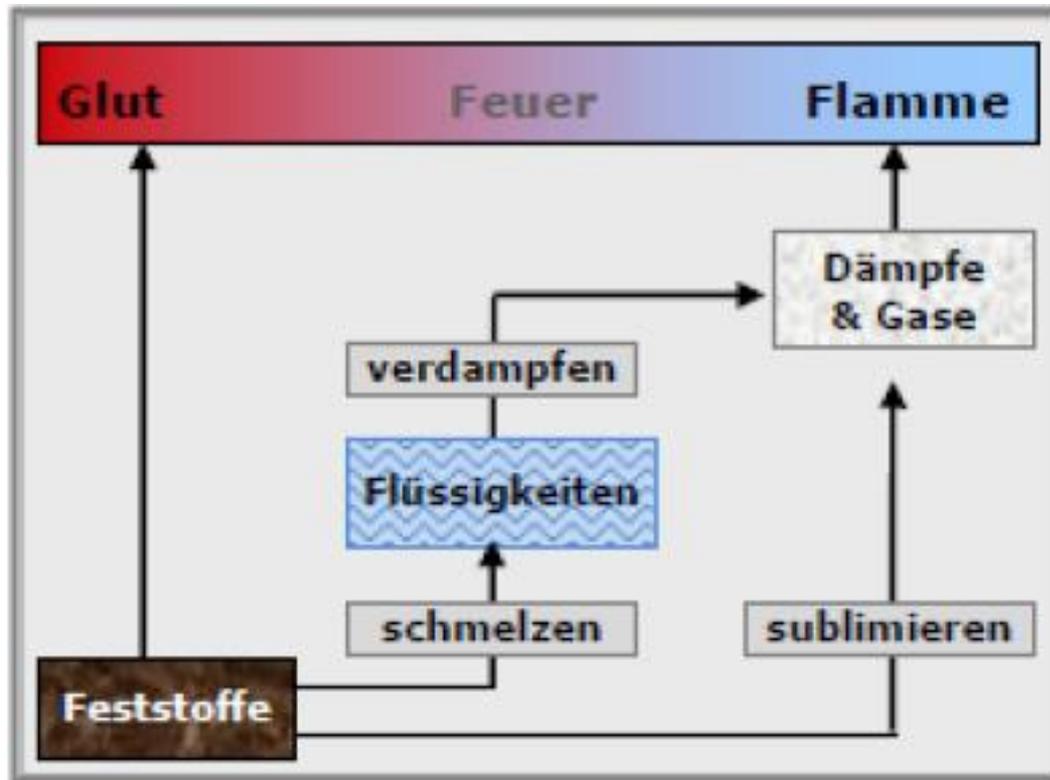
## Stöchiometrisches Mengenverhältnis

- Unter einem Mengenverhältnis versteht man das jeweils vorliegende Verhältnis der Menge des brennbaren Stoffs zu der Menge des Sauerstoffs.
- Ist das Verhältnis von brennbarem Stoff und Sauerstoff optimal, spricht man von einem stöchiometrischen Mengenverhältnis

# Explosion

<b>Explosion</b> (Beispiel)	<b>Ausbreitungsgeschwind.</b>	<b>Überdruck</b>	<b>Wirkung</b>
<b>Verpuffung</b> (Äther)	< 333 m/s (Unterschall)	< 1 bar	0,1 bar: Glasbruch 0,2 bar: Gebäudeschaden 0,3 bar: Trommelfellriss
<b>Deflagration</b> (Benzin)	< 333 m/s (Unterschall)	1 – 10 bar	1 bar: Letaler Lungenriss 3 bar: Gebäudeeinsturz
<b>Detonation</b> (TNT)	> 333 m/s (Überschall)	10 – 200 bar	zerstört alles

# Erscheinungsformen einer Verbrennung



# Brandklassen

Brandklassen	Art der Brände	Erscheinungsbild der Verbrennung	Beispiele
	Brände fester Stoffe	Flammen- und/oder Glutbildung	Stroh, Holz, Papier, Textilien, Kunststoffe, Kohle
	Brände flüssiger oder flüssig werdender Stoffe	Flammenbildung	Benzin, Diesel, Öl, Alkohol, Lack, Teer, Kerzenwachs
	Brände von Gasen	Flammenbildung	Erdgas, Acetylen, Propan, Butan, Methan
	Brände von Metallen und Legierungen	Glutbildung	Aluminium, Magnesium, Natrium, Stahlwolle
	Brände von Speiseölen und -fetten	Flammenbildung	pflanzliche Öle oder Fette in Kücheneinrichtungen und -geräten.

## Voraussetzungen einer Verbrennung

- Die Voraussetzungen einer Verbrennung
- Die stofflichen Voraussetzungen und ihr Einfluss auf die Verbrennung flüssiger Stoffe und Gase
- Polare, unpolare brennbare Flüssigkeiten
- Verbrennung gasförmiger Stoffe und ihr Einfluss auf die Verbrennungsreaktion
- Explosionsbereich
- Explosionsgrenzen
- Erhöhtes Sauerstoffangebot

## Voraussetzungen einer Verbrennung

- Brennbarer Stoff
- Sauerstoff
- Richtiges Mengenverhältnis
- Zündenergie
- Katalysator
- Mindestverbrennungstemperatur

# Voraussetzungen einer Verbrennung



## Flammpunkt

- ...ist die niedrigste Temperatur einer brennbaren Flüssigkeit, bei der sich unter festgelegten Bedingungen Dämpfe in solcher Menge entwickeln, dass sich das Dampf- / Luftgemisch bei Kontakt mit einer Zündquelle sofort entzündet.

(DIN 14011: 2010-06)

## Flammpunkt

Stoff	Flp. (°C)	Stoff	Flp (°C)
Ether	- 40	Heizöl	40
Benzin	- 20	Diesel	55
Ethanol	12	Sojaspeiseöl	100
Terpentin	33	Motoröl	210

## Brennpunkt

- ...ist die niedrigste Temperatur einer brennbaren Flüssigkeit, bei der sich Dämpfe in solchen Mengen entwickeln, dass nach ihrer Entzündung durch eine Zündquelle ein ständiges Brennen unterhalten bleibt.

(DIN 14011: 2010-06)

## Brennpunkt

Stoff	Flammpunkt (°C)	Brennpunkt (°C)
Benzol	- 11	- 9
Schmieröl	+148	+190

## Gefahrenklassen

Flammpunkt	Gefahren- klasse	Beispiel
< 0 °C und Sdp. < 35 °C	Hoch entzündlich	Ether (Flp. -40; Sdp. 34,4)
< 0 °C und Sdp. ab 35 °C	leicht entzündlich	Benzin (Flp. -20; Sdp. > 60)
0 bis 21 °C	leicht entzündlich	Ethanol (Spiritus) (Flp. 12; Sdp. 78)
> 21 bis 55 °C	Entzündlich	Heizöl (Flp. 40; Sdp. > 250)

- Einteilung brennbarer Flüssigkeiten nach Europäischen Richtlinien 67/548/EGW
- (Flp. = Flammpunkt in ° C; Sdp. = Siedepunkt in ° C)

## Explosionsbereich

- ...ist der Bereich, in dem brennbare Gase, Dämpfe, Nebel oder Stäube in einem solchen Mengenverhältnis mit Sauerstoff (bzw. Luft) vorliegen, dass eine Entzündung / Explosion des Gemisches möglich ist.

## Untere Explosionsgrenze

- ...ist die niedrigste Konzentration brennbarer Gase, Dämpfe, Nebel oder Stäube in der Luft, bei der nach der Entzündung die Verbrennungsreaktion noch selbständig abläuft.

## Obere Explosionsgrenze

- ...ist die höchste Konzentration brennbarer Gase, Dämpfe, Nebel oder Stäube in der Luft, bei der nach der Entzündung die Verbrennungsreaktion noch selbständig fortläuft.

## Explosionsbereiche

Acetylen: 1,5 – 82,0 Vol.-%



Benzin: 0,6 – 8,0 Vol.-%



Methan: 5,0 – 15,0 Vol.-%



Propan: 2,1 – 9,5 Vol.-%



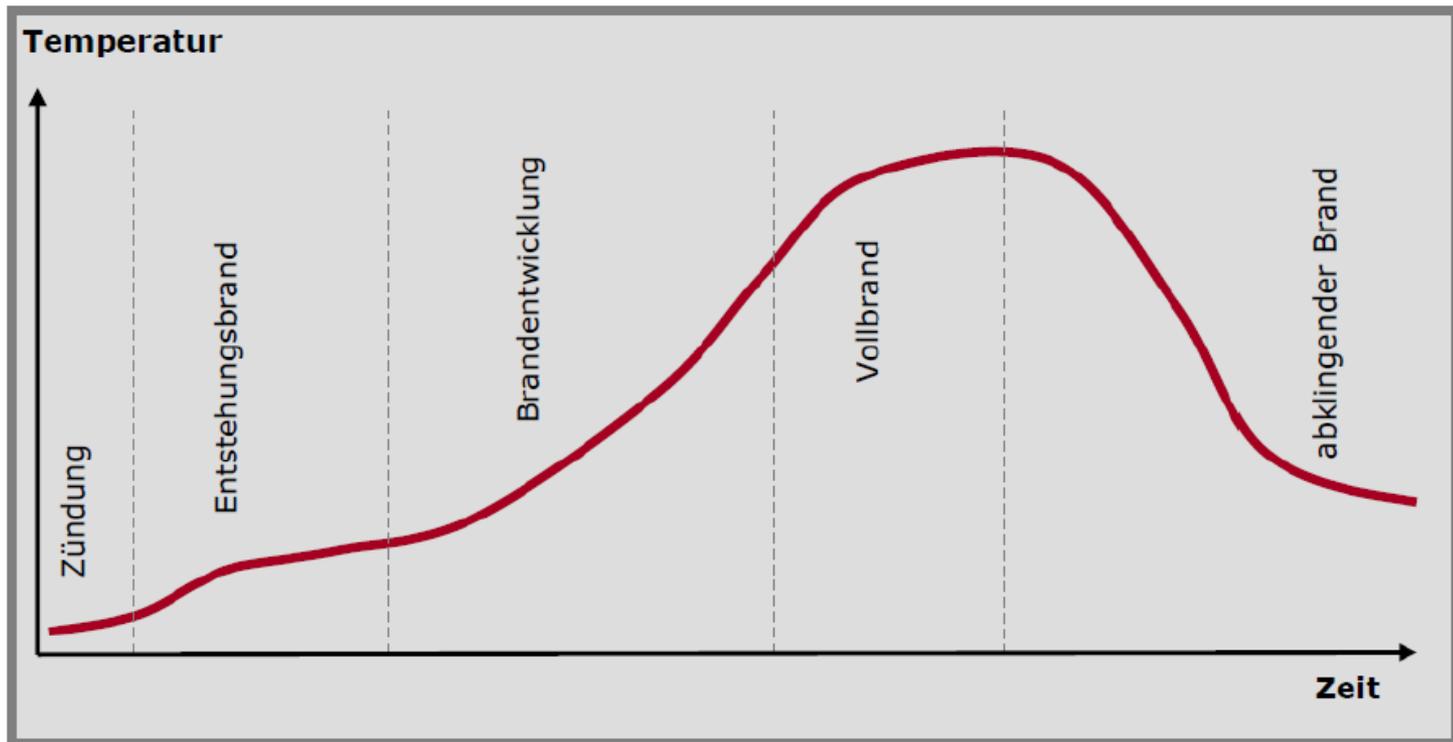
Wasserstoff: 4,0 – 75,0 Vol.-%



## **Auswirkungen der Begleiterscheinungen Wärme und Rauch**

- Auswirkungen der Wärme
- Auswirkungen des Rauches
- Pyrolyse

## Auswirkungen der Wärme



## „RGT Regel“ von Van't Hoff:

- Reaktionsgeschwindigkeit-Temperatur-Regel
- Erhöht sich die Verbrennungstemperatur um  $10^{\circ}$  K verdoppelt bis vervierfacht sich die Verbrennungsgeschwindigkeit.

## Auswirkungen des Rauches

Heiße Rauchgase enthalten Verbrennungsprodukte

- Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ )
- Kohlenstoffmonoxid ( $\text{CO}$ )
- Chlorwasserstoff ( $\text{HCl}$ )
- Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ )
- Blausäuredämpfe ( $\text{HCN}$ )
- Kohlenstoff (Ruß)
- Asche
- Pyrolyseprodukte

# Pyrolyse

„Pyrolyse ist die chemische Zersetzung eines Stoffes durch Erhöhung der Temperatur ohne Oxidation“

(DIN 14011: 2010-06)

## Energetische Voraussetzungen der Verbrennung

- Zündtemperatur, Zündenergie
- Selbstentzündung, Fremdentzündung
- Mindestverbrennungstemperatur
- Der Katalysator

## Zündtemperatur

Jeder brennbare Stoff besitzt eine stoffspezifische Zündtemperatur, bei der ein brennbarer Stoff unter festgelegten Bedingungen zu brennen beginnt.

(DIN 14011: 2010-06)

# Selbstentzündung

...ist eine Entzündung ohne von außen zugeführte Zündenergie.

(DIN 14011: 2010-06)

## Fremdentzündung

...ist eine Entzündung durch eine von außen zugeführte Zündenergie.

(DIN 14011: 2010-06)

## Mindestverbrennungstemperatur

...ist die Temperatur, auf die ein brennbarer Stoff erwärmt werden muss, damit der Verbrennungsvorgang nach der Entzündung selbstständig und ohne äußere Energiezufuhr weiterläuft.

## Katalysator

...sind Stoffe, die mit mindestens einem der an der Reaktion beteiligten Ausgangsstoffe eine reaktionsfähigere Zwischenverbindung bilden, die dann mit anderen Stoffen so weiterreagieren, dass die Katalysatoren im Verlauf der Gesamtreaktion wieder zurückgebildet werden.