

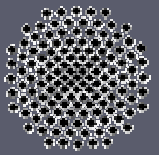
Baulicher Brandschutz

Grundlagen der Verbrennung

Dr.-Ing. U. Max

uni@brandschutz-agb.de

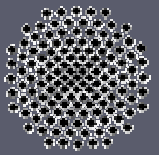
<http://www.brandschutz-agb.de>



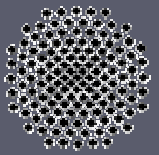
Gliederung

- 1) Brandentstehung
- 2) Grundlagen der Verbrennungsprozesse
- 3) Zeitlicher Ablauf von Schadenfeuer
- 4) Formen des Brandschutzes
- 5) Brandverhalten von Stoffen

[Zurück zur Vorlesungsgliederung](#)

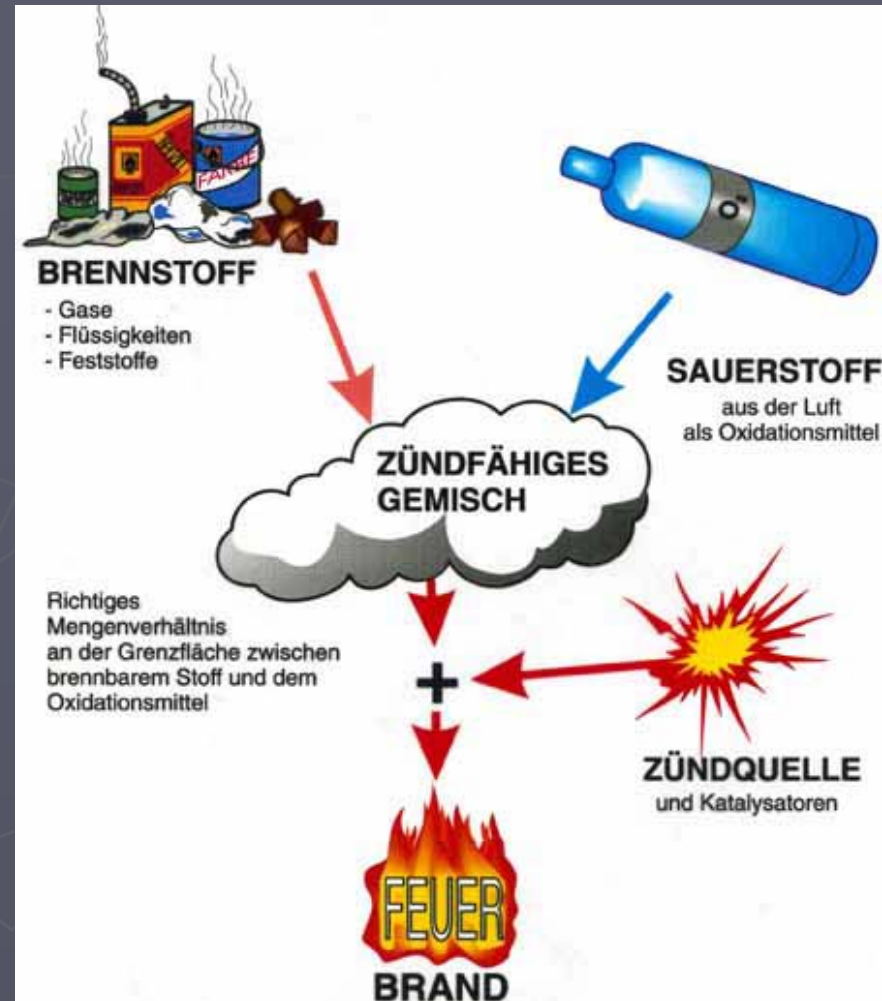


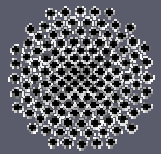
1) Brandentstehung



Vorraussetzungen für einen Brand:

- Zündtemperatur
- Sauerstoff
- Brennbarer Stoff
- Richtiges Mischungsverhältnis

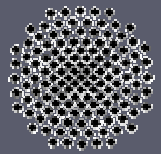




Zündenergie bzw. Zündtemperatur:

- niedrigste Temperatur bei der sich ein Stoff entzündet
- Zündtemperatur für verschiedene Stoffe

Stoff (flüssig)	Temperatur (°C)	Stoff (fest)	Temperatur (°C)
Azeton	540	Braunkohle	250 – 280
Benzin	470 – 530	Holz	220 – 320
Gasöl	350 – 400	Koks	500 – 640
Schmieröl	510 – 610	Papier	360
Spiritus	425 – 650	PMMA	270
Terpentinöl	275	PVC	220 – 350



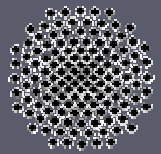
Zündpunkt

Beispiele:

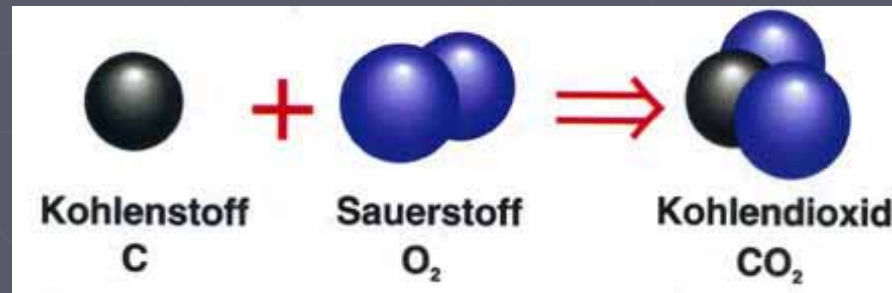
Stoff	Flammpunkt	Brennpunkt
Benzol	- 11°C	- 9°C
Schmieröl	148°C	190°C

Brennpunkt

Flammpunkt



Auswirkungen des Sauerstoffs auf die Verbrennung



Optimale
Verbrennung

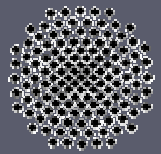
O₂ und Brandgut sind
im optimalen
Verhältnis vorhanden

Ventilations-
gesteuert

Für vollständige
Verbrennung fehlt
ausreichend O₂

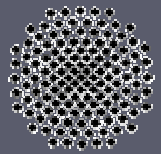
Brandlast-
gesteuert

Für vollständige
Verbrennung fehlt
das Brandgut

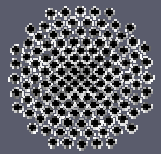


Brennstoff

Brandklasse	Art des Brandes	Brandverhalten	Beispiele
	Brände fester Stoffe , hauptsächlich organischer Natur.	Mit Flamme und Glut	Papier Holz Textilien
	Brände flüssiger oder flüssig werdender Stoffe	Nur mit Flamme	Öle Fette Benzin



Brandklasse	Art des Brandes	Brandverhalten	Beispiele
	Brände gasförmiger Stoffe	Nur mit Flamme	Methan Propan Acetylen
	Brände von Metallen	Nur mit Glut	Aluminium Magnesium Natrium



Mischungsverhältnis

0 Vol.-% untere Grenze obere Grenze 100 Vol.-%

mager

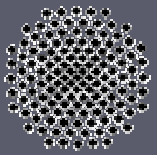
Explosionsbereich

fett

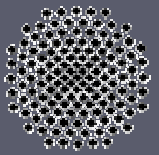
Beispiele:

Stoff	untere Grenze	obere Grenze
Acetylen	1,5 Vol.-%	82 Vol.-%
Benzin	0,6 Vol.-%	8 Vol.-%
Erdgas	4,5 Vol.-%	13,5 Vol.-%

[Zurück zur Gliederung](#)



2.) Grundlagen des Verbrennungsprozesses

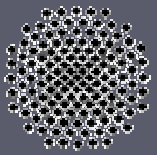


Oxidation

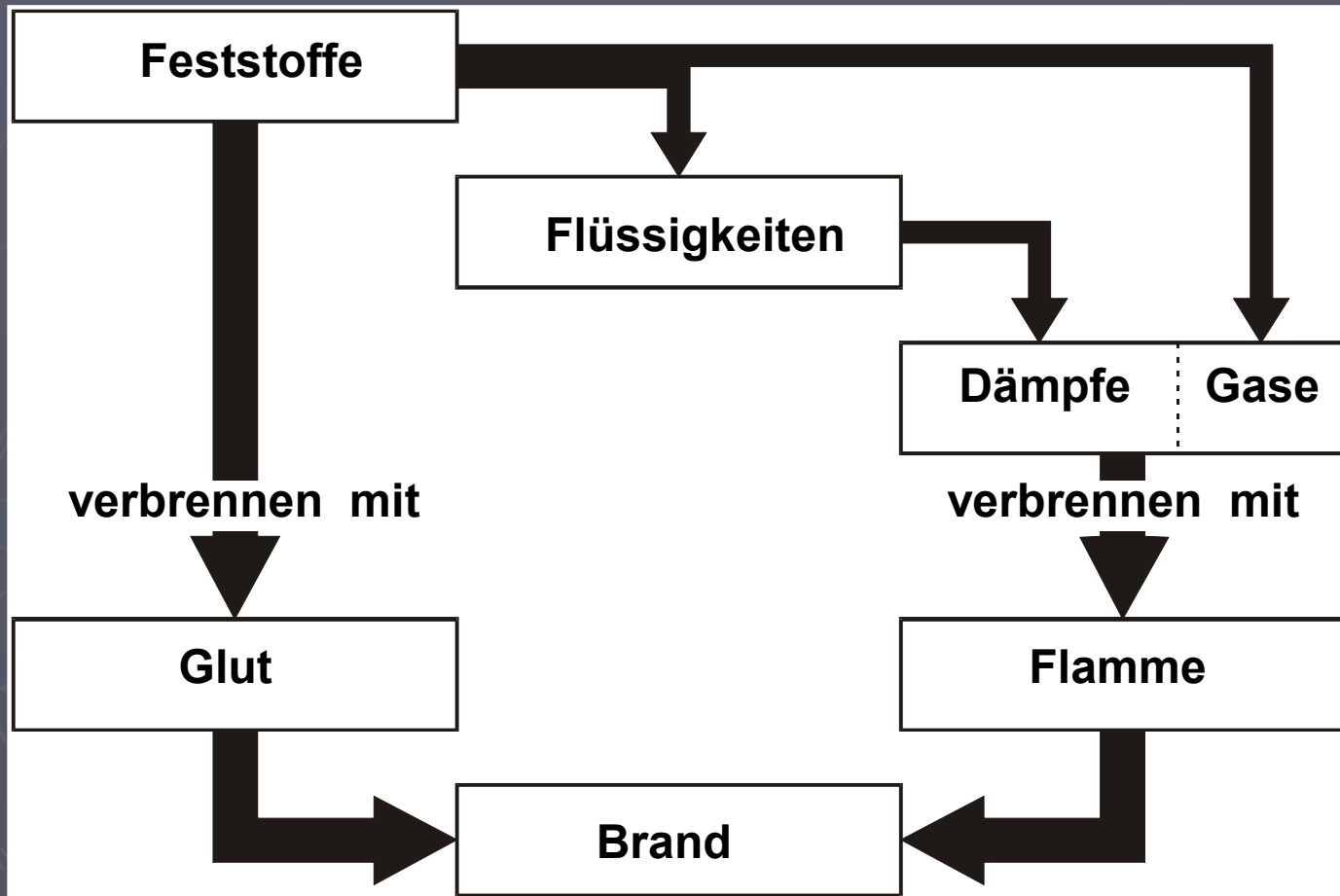
Oxidationsgeschwindigkeit nimmt zu

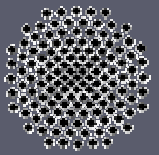


Gären, rosten, verwesen	Normales Brennen	Verpuffung	Deflagration	Detonation
v [m/s]		< 1 m/s	< 330 m/s	Einige km/s
Δp [bar]		< 1 bar	1 - 14 bar	> 10 bar

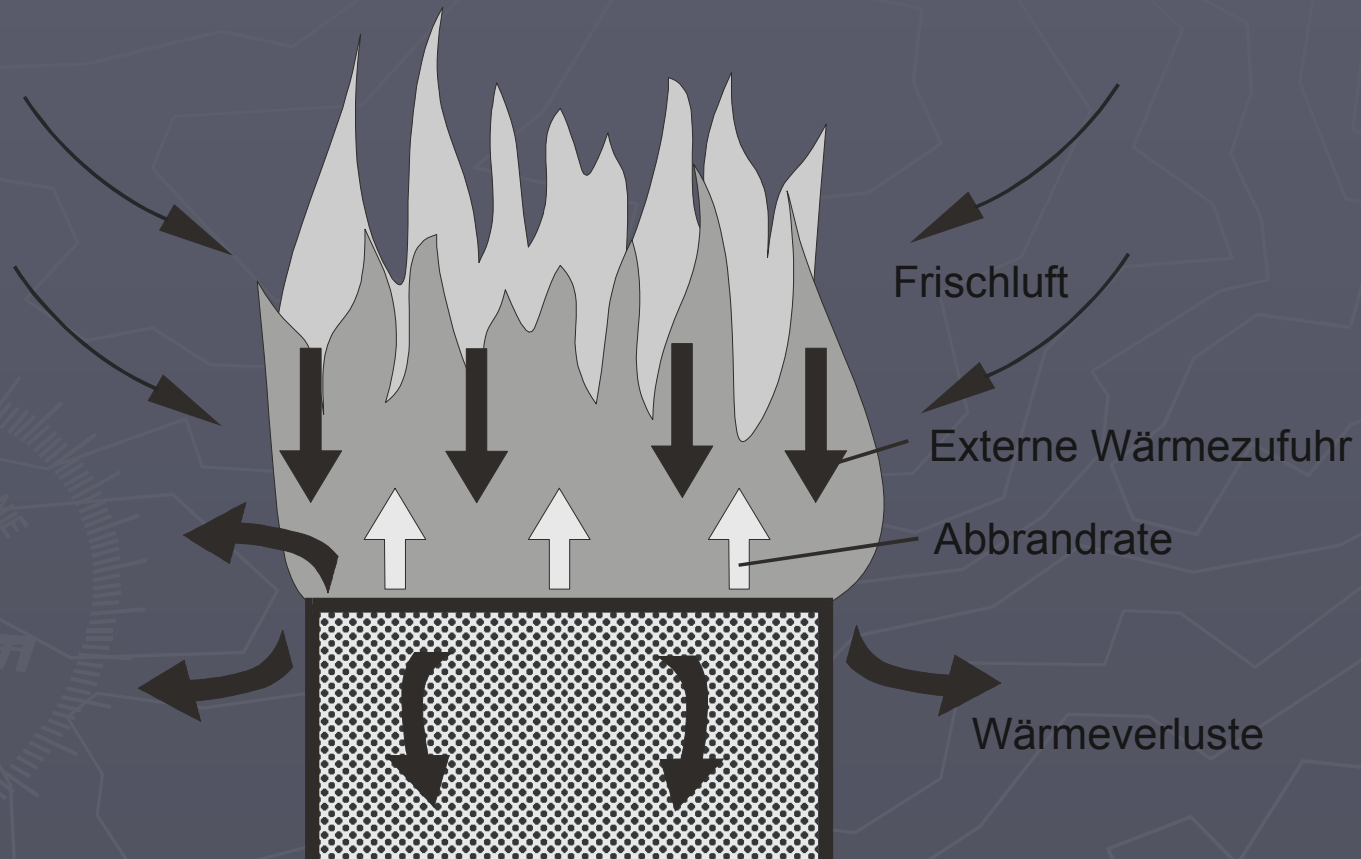


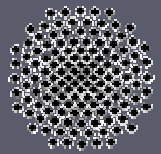
Erscheinungsformen von Bränden



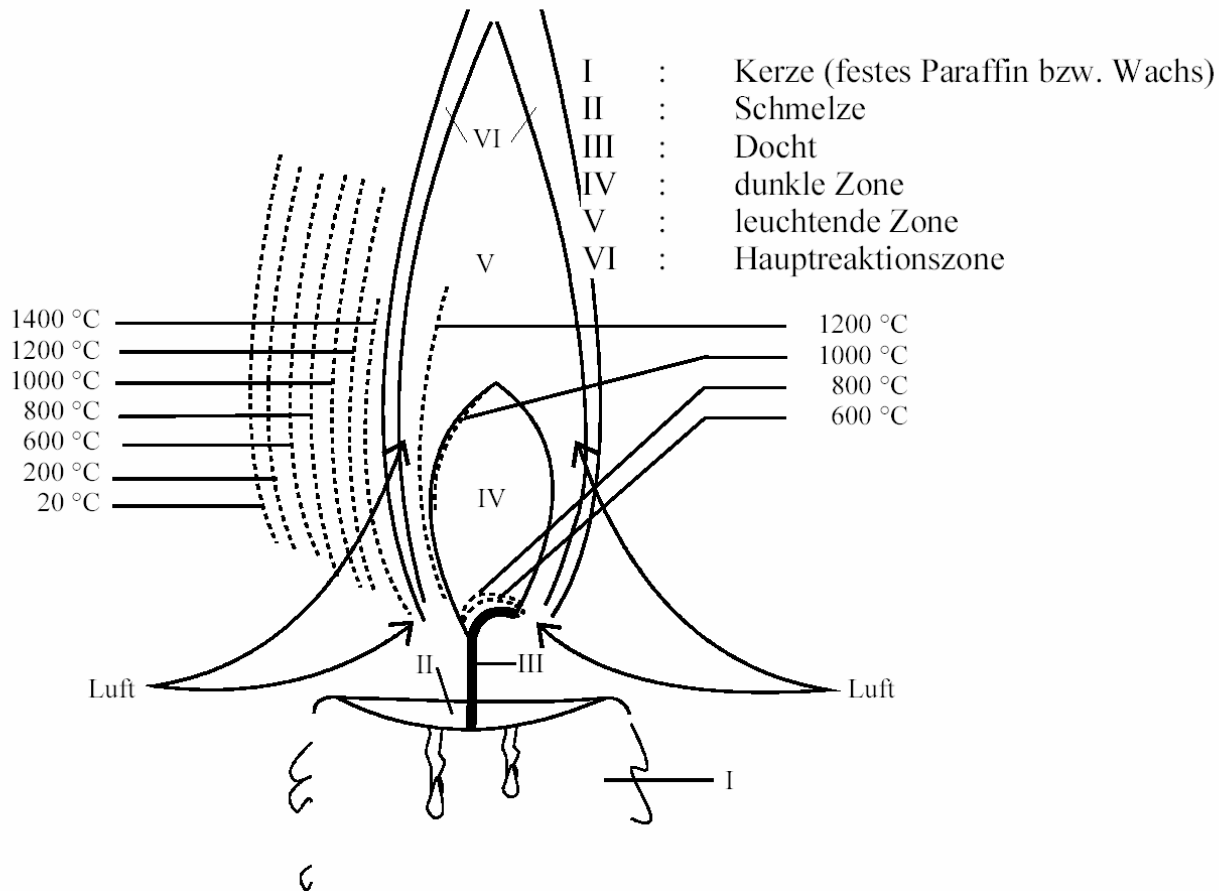


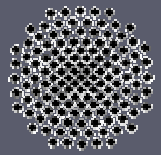
Flüssigkeitsbrand



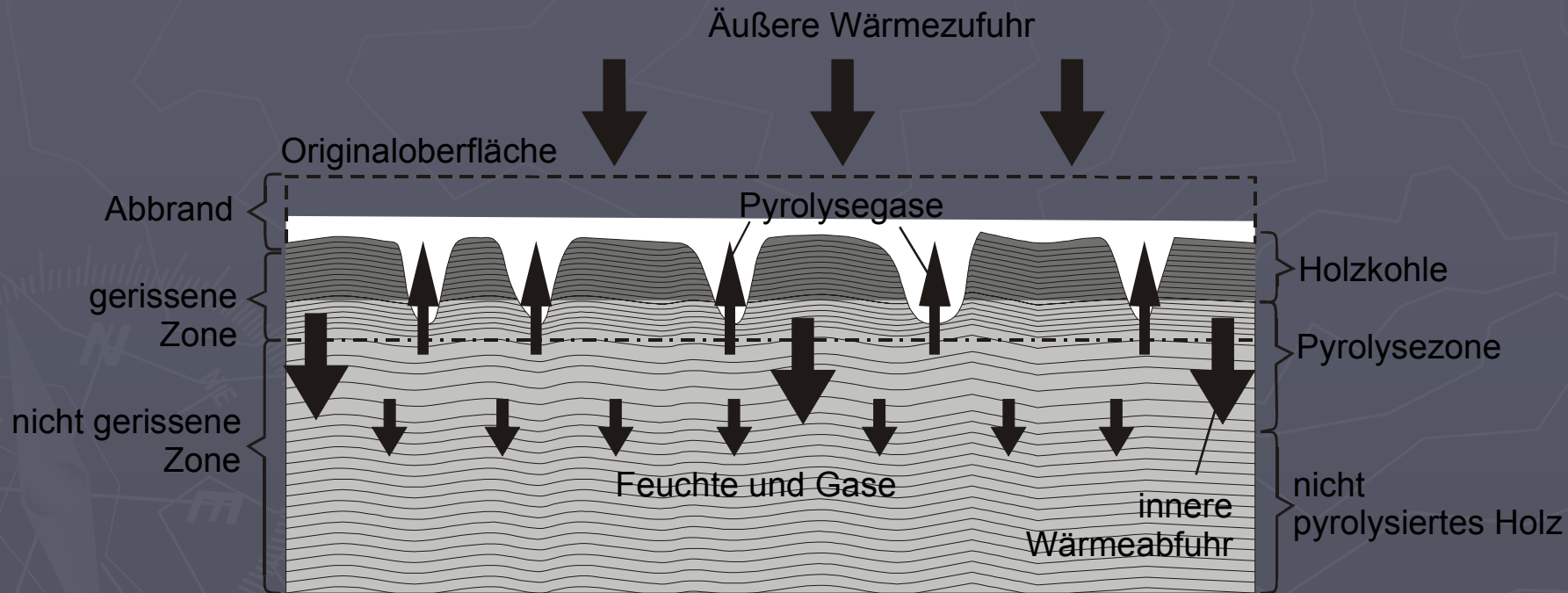


Brennen einer Kerze

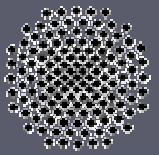




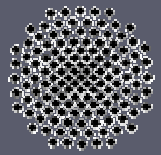
Pyrolyse



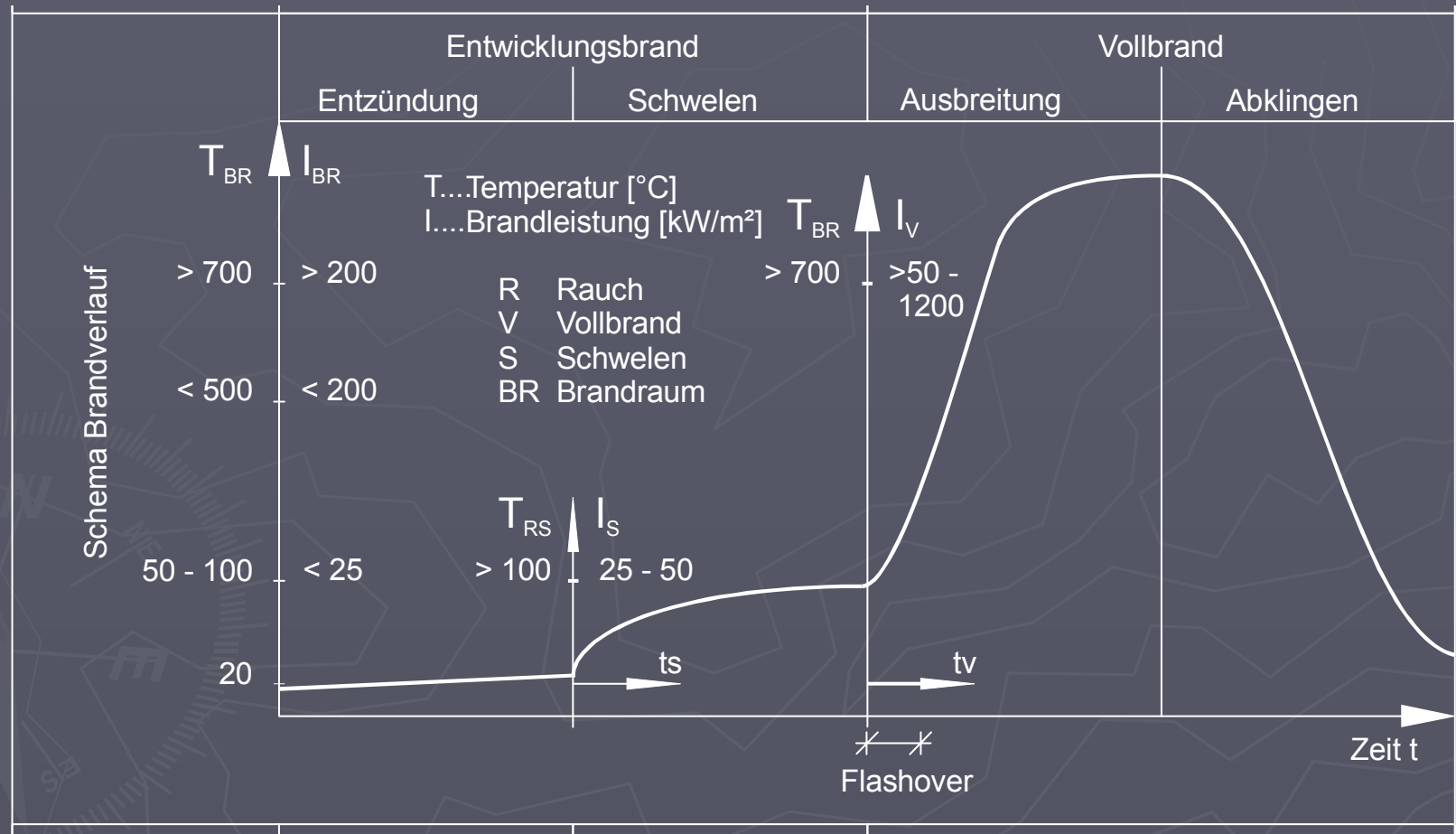
[Zurück zur Gliederung](#)

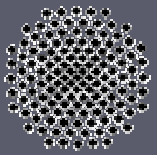


3.) Zeitlicher Ablauf eines Schadenfeuer



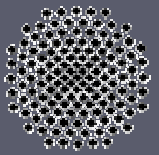
Brandverlauf eines Schadenfeuers





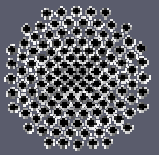
Beispiel: Entzündung eines Christbaumes

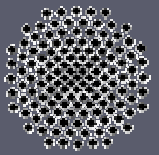




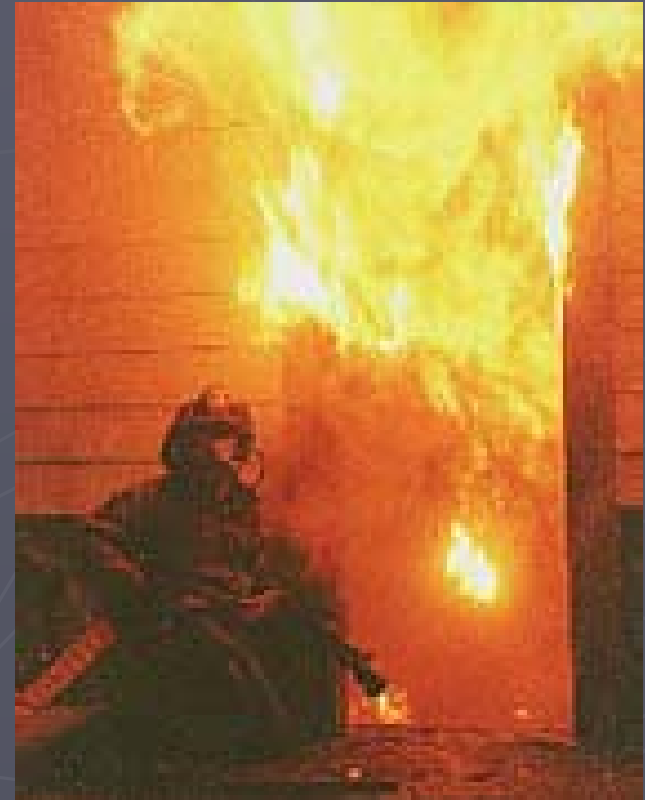
8 s

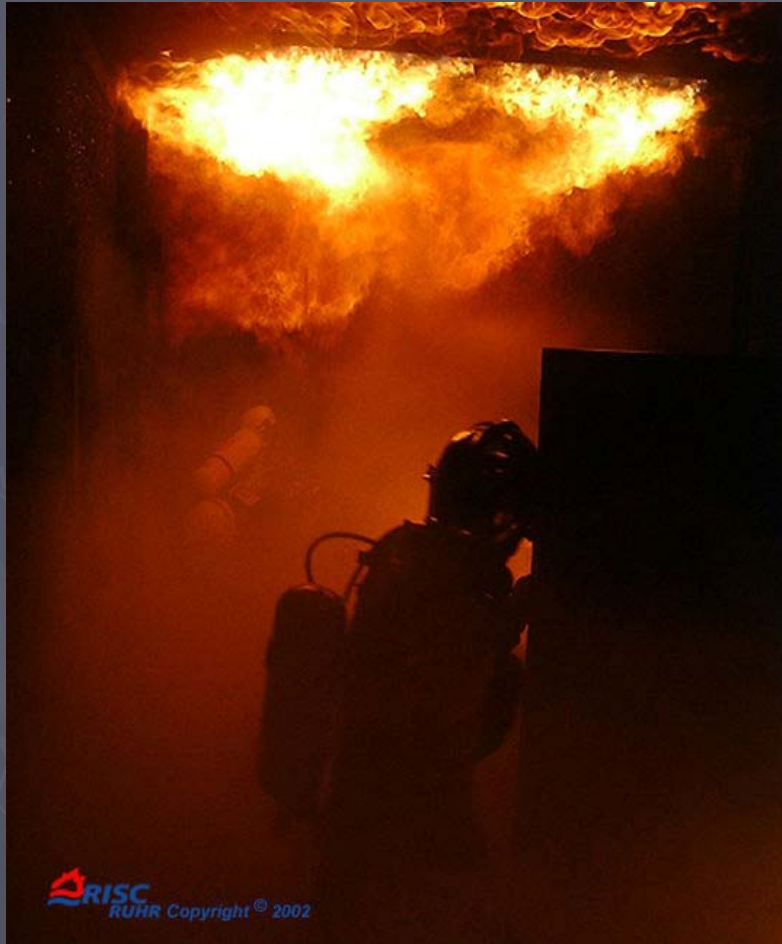
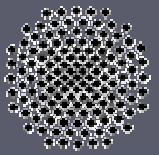
9 s



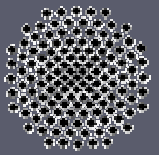


Beispiele eines Flash-Overs

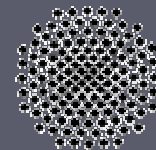




[Zurück zur Gliederung](#)



4.) Formen des Brandschutzes



Formen des Brandschutzes

BRANDSCHUTZ

Technische Brandschutzmaßnahmen

Bauliche Brandschutzmaßnahmen

Anlagentechnische Brandschutzmaßnahmen

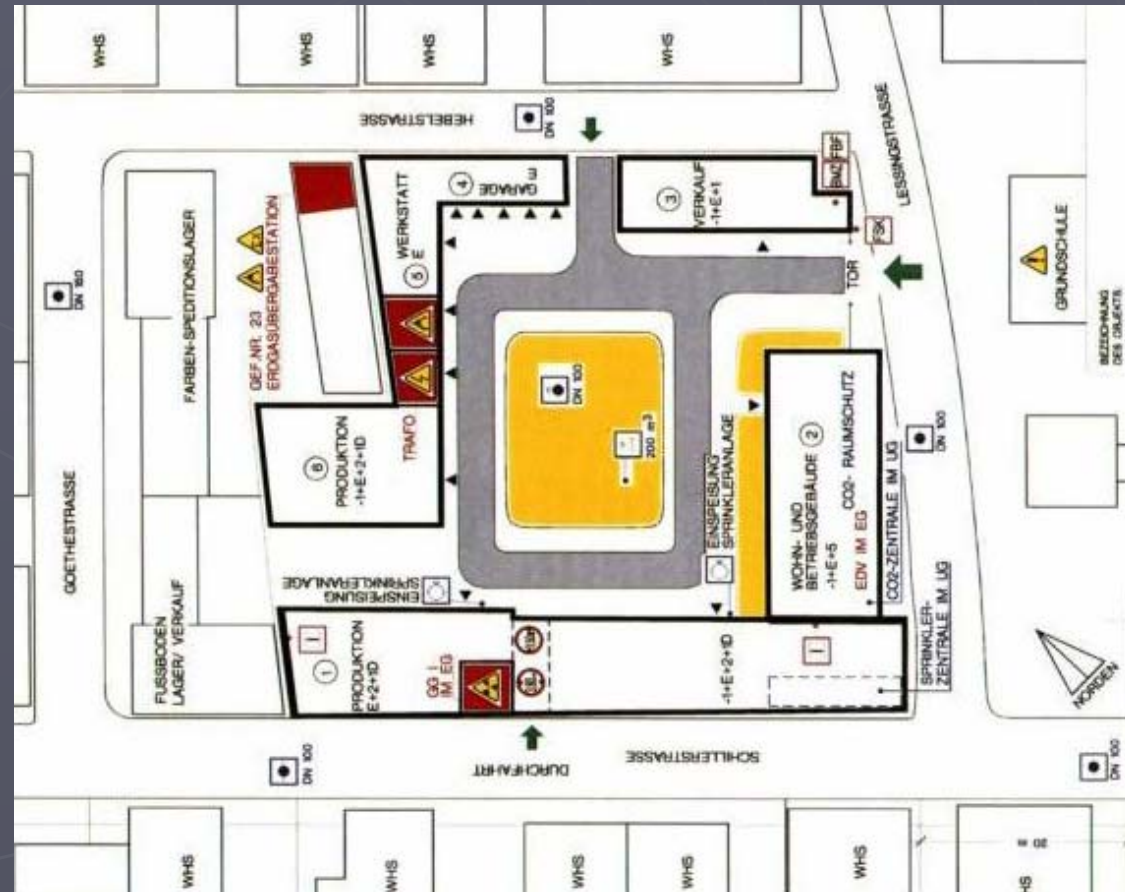
Organisatorische Brandschutzmaßnahmen

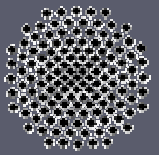
Abwehrende Brandschutzmaßnahmen

Betriebliche Brandschutzmaßnahmen

nach DIN 14095

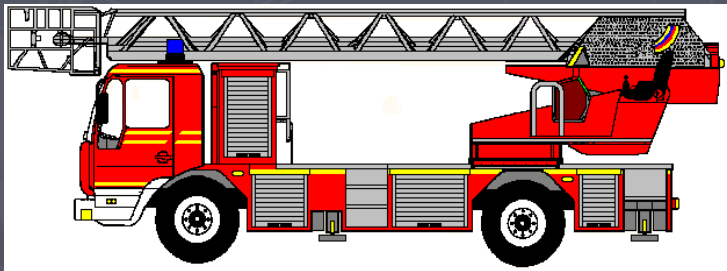
Übersichtsplan

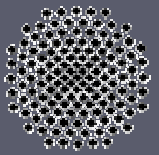




Abwehrender Brandschutz

Feuerwehr





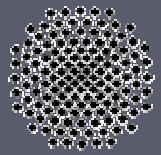
anlagentechnische Brandschutzmaßnahmen

► Sprinkleranlage



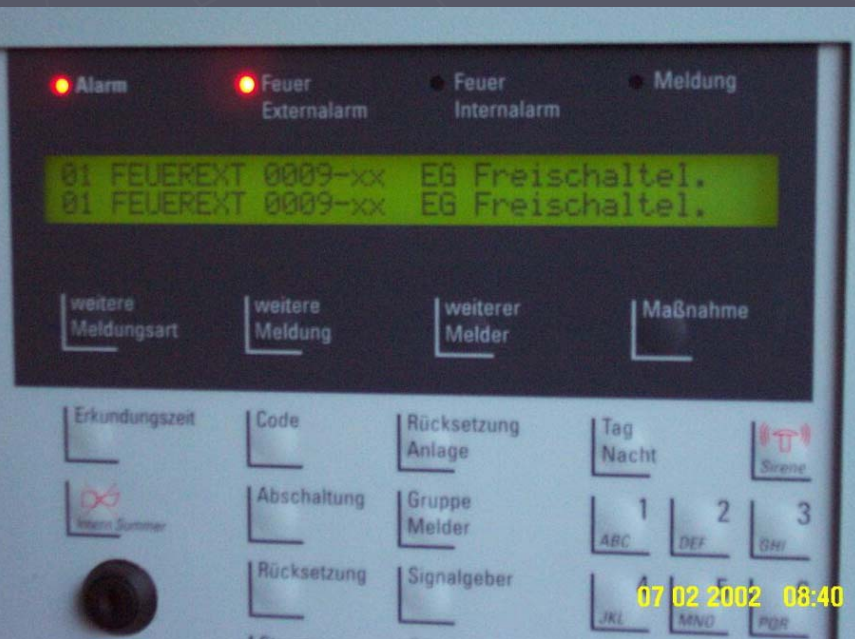
► Rauchmelder





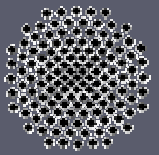
Brandmeldeanlage

Anzeigefeld der BMZ



Feuerwehrbedienfeld





Brandverhalten von Stoffen

Kenngößen für das Brandverhalten von Stoffen

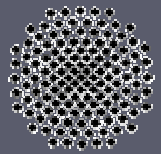
Heizwert:

Ist der Quotient aus der freiwerdenden Energie ΔE und der Masse Δm

$$H = \frac{\Delta E}{\Delta m} = \frac{kWh}{kg}$$

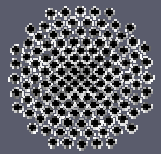
Luftbedarf:

Beschreibt die Menge an Luft, die benötigt wird für eine vollständige Verbrennung



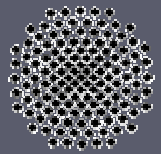
Heizwert und Luftbedarf von brennbaren Gasen

Gas	Heizwert [kWh / kg]	Luftbedarf [kg _{Luft} / kg _{Brennstoff}]	Energie/Luftmenge [kWh / kg _{Luft}]
Acetylen	13,4	13,2	1,014
Butan	12,9	15,6	0,825
CO	2,8	2,5	1,139
Ethan	13,2	16,1	0,822
Methan	13,9	17,2	0,808
Propan	12,8	15,5	0,825
Wasserstoff	33,6	34,5	0,977



Heizwert und Luftbedarf von brennbaren Flüssigkeiten

Flüssigkeit	Heizwert [kWh / kg]	Luftbedarf [kg _{Luft} / kg _{Brennstoff}]	Energie/Luftmenge [kWh / kg _{Luft}]
Azeton	8,6	9,5	0,903
Benzin	11,9	13,5	0,884
Ethanol	7,4	8,9	0,831
Erdöl	11,6	13,0	0,855
Heizöl EL	11,7	13,1	0,898
Hydrauliköl	9,8	10,9	0,831
Petroleum	12,1	13,6	0,890
Terpentin	11,5	12,9	0,890



Heizwert und Luftbedarf fester Stoffe

Feststoff	Heizwert [kWh / kg]	Luftbedarf [kg _{Luft} / kg _{Brennstoff}]	Energie/Luftmenge [kWh / kg _{Luft}]
Autoreifen	12,2	13,6	ca. 0,9
Baumwolle	4,3	4,8	ca. 0,9
Steinkohle	9,3	11,4	0,814
Braunkohle	5,8	6,4	ca. 0,9
Holz	4,8	5,2	0,930
Kautschuk	11,7	13,0	ca. 0,9
Bitumen	9,8	10,9	ca. 0,9
Papier	3,8	4,2	ca. 0,9