



<u>Lehrgang / Seminar:</u>	F-I
<u>Ausbildungseinheit:</u>	Brennen und Löschen
<u>Ausgabe:</u>	22.10.2012
<u>Zuständig:</u>	Frau Volk Herr Reitz Herr Weigang Herr Sonnborn
<u>Literaturhinweis:</u>	Brandlehre, Rempe/Rodewald Feuerlöschmittel, Alfons Rempe Verbrennen und Löschen, Rotes Heft Nr. 1 Chemie, Grundwissen für den Feuerwehrmann, Rotes Heft Nr. 59

Inhalt

1	Merkmale und Voraussetzungen des Brennens.....	3
2	Brennbarer Stoff	4
2.1	Brandklassen nach EN 2.....	4
2.2	Verbrennungs- und Zersetzungsprodukte	4
3	Sauerstoff.....	5
3.1	Zusammensetzung des Gasgemisches „Luft“	5
3.2	Reduzierung der Sauerstoffzufuhr.....	6
3.3	Erhöhung der Sauerstoffzufuhr	6
3.3.1	Entzündbarkeit	7
3.3.2	Brennbarkeit.....	7
3.3.3	Abbrandrate / Verbrennungsgeschwindigkeit.....	7
3.3.4	Brandtemperatur	7
4	Mengenverhältnis	8
4.1	Verhältnis Masse zu Oberfläche.....	8
4.2	Flammpunkt und Brennpunkt	9
4.3	Explosionsbereich	10
5	Zündenergie	11
6	Löschmittel	13
6.1	Löschregeln.....	13
6.2	Löschmittel Wasser	13
6.3	Löschmittel Schaum	14
6.4	Löschmittel Pulver.....	15
6.5	Löschmittel Kohlendioxid.....	16
6.6	Fettbrand-Löschmittel.....	16
6.7	Löschmittel und Brandklassen	17
6.8	Anwendung von Feuerlöschern.....	17
7	Quellenverzeichnis	19

1 Merkmale und Voraussetzungen des Brennens

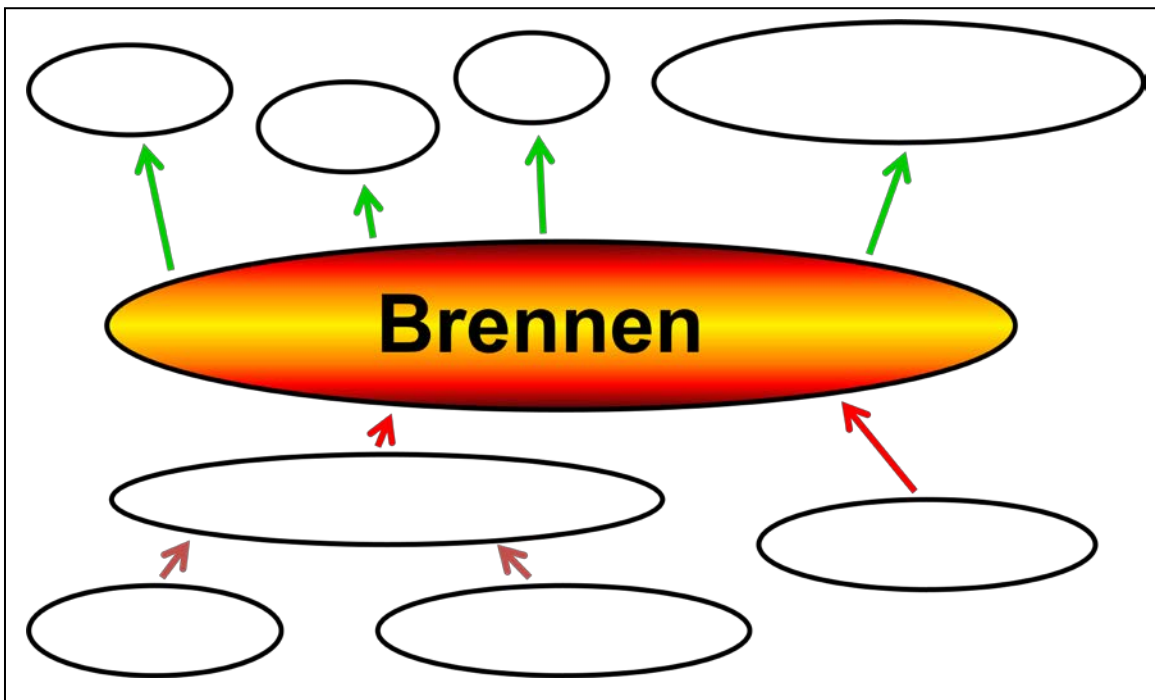


Abb. 1: Merkmale und Voraussetzungen des Brennens

Ergänzen Sie die Grafik mit den erläuterten Begriffen.

Je nach Aggregatzustand und Zusammensetzung verbrennen Stoffe mit unterschiedlichen sichtbaren Erscheinungen.

Die **Glut** bezeichnet den Energiezustand eines festen oder flüssigen Stoffes, d. h. die von ihm ausgehende Wärmestrahlung. **Glut** alleine entsteht bei festen, nicht weiter zersetzlichen brennbaren Stoffen. Beispiele hierfür sind künstlich entgaste Stoffe wie Holzkohle oder Koks, aber auch Metalle wie Eisen, Aluminium oder Magnesium.

Reine **Flammenbrände** stellen die Brände brennbarer Gase und Flüssigkeiten dar. Bei brennbaren Flüssigkeiten brennt nicht die Flüssigkeit selbst, sondern es brennen die Dämpfe oberhalb der Flüssigkeit.

Feste und zersetzliche brennbare Stoffe verbrennen mit **Flamme** und **Glut**. Hierbei entsteht die **Glut** wie bereits oben beschrieben, die **Flamme** entsteht durch die bei der thermischen Zersetzung freiwerdenden Gase und Dämpfe.

Ein gutes Beispiel hierfür stellt das Holz dar, das zu einem großen Teil aus Kohlenstoff besteht, aber auch Bestandteile hat, die beim Erwärmen dampf- oder gasförmig werden und mit **Flamme** verbrennen.

Um eine Verbrennung zu ermöglichen, müssen brennbarer Stoff und Sauerstoff im richtigen Mengenverhältnis vorhanden sein, sie werden als **stoffliche Voraussetzungen** bezeichnet. Die **Zündenergie**, als energetische Voraussetzung, muss ebenfalls zur Verfügung stehen. Diese Voraussetzungen zum Starten und zur Aufrechterhaltung einer Verbrennung werden im Folgenden weiter behandelt.

2 Brennbarer Stoff

2.1 Brandklassen nach EN 2

Die Brandklasseneinteilung ist eine verhältnismäßig grobe Klassifizierung von Stoffen, die im Wesentlichen das gleiche Brandverhalten zeigen. Sie dient dazu, bestimmten Bränden geeignete Löschmittel zuzuordnen zu können.

Brandklasse	Brände von ...	Stoffbeispiele	Erscheinung
	festen Stoffen	Holz, Kohle, Papier, Kunststoffe*	Flamme und/oder Glut
	flüssigen und flüssig werdenden Stoffen	Benzin, Alkohol, Paraffin, Bitumen, Kunststoffe*	Flamme
	gasförmigen Stoffen	Erdgas, Acetylen, Methan, Propan	Flamme
	Metallen	Magnesium, Aluminium, Natrium	Glut
	Speiseölen und -fetten	Palmin®	Flamme

Tab. 1: Brandklassen nach EN 2

* Es gibt einige Arten von Kunststoffen, die aufgrund ihres Brandverhaltens und des zu bevorzugenden Löschmittels eher in die Brandklasse B einzuordnen sind (z.B. die Verpackungskunststoffe Polyethylen PE oder Polypropylen PP).

2.2 Verbrennungs- und Zersetzungsprodukte

Je nach Zusammensetzung der brennenden Stoffe und der Brandphase entstehen verschiedene Verbrennungs- und Zersetzungsprodukte.

- **Wasserstoff**
 - Wasser
- **Alkohol**
 - Kohlendioxid, Wasser
- **Holz**
 - Kohlendioxid, Wasser, Kohlenmonoxid, Methanol, Formaldehyd, Ruß, Teer, Essigsäure, aromatische Kohlenwasserstoffe, ...

➤ Kunststoffe

- Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Wasser, Ammoniak, Stickoxide, Blausäure, Salzsäure, Schwefeldioxid, ...

Da diese Atemgifte bei jedem Löscheinsatz vorkommen, ist das Vorgehen ab der Rauchgrenze nur unter Atemschutz möglich.



3 Sauerstoff

3.1 Zusammensetzung des Gasmisches „Luft“

Der zur Verbrennung notwendige Sauerstoff ist zu ca. 21 Vol.-% in der Umgebungsluft vorhanden. Neben diesem elementaren Sauerstoff gibt es eine ganze Reihe von Verbindungen (z. B. Peroxide), die sehr viel Sauerstoff enthalten, der bei der Erwärmung abgespalten wird.

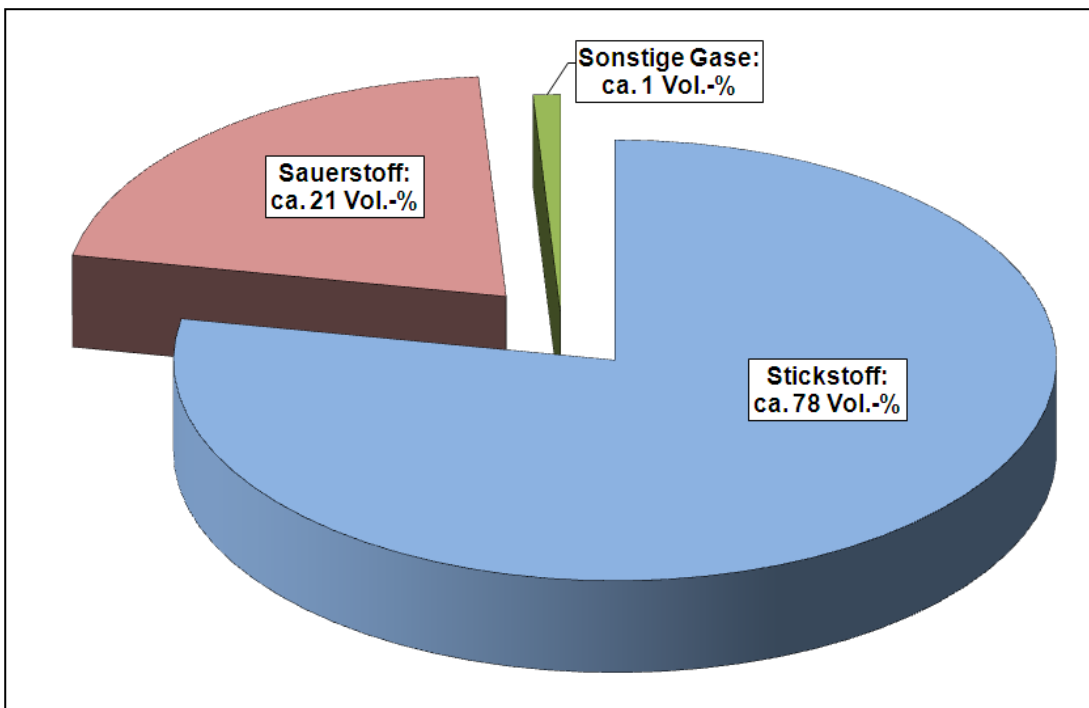


Abb. 2: Zusammensetzung des Gasmisches „Luft“

Brennen und Löschen

3.2 Reduzierung der Sauerstoffzufuhr

Die meisten Brände erlöschen bei einer Sauerstoffkonzentration von 15 Vol.-% bis 17 Vol.-%. Die Sauerstoffkonzentration, ab der ein Brand erlischt, ist abhängig vom jeweiligen Brennstoff und wird **Mindestsauerstoffkonzentration** genannt.

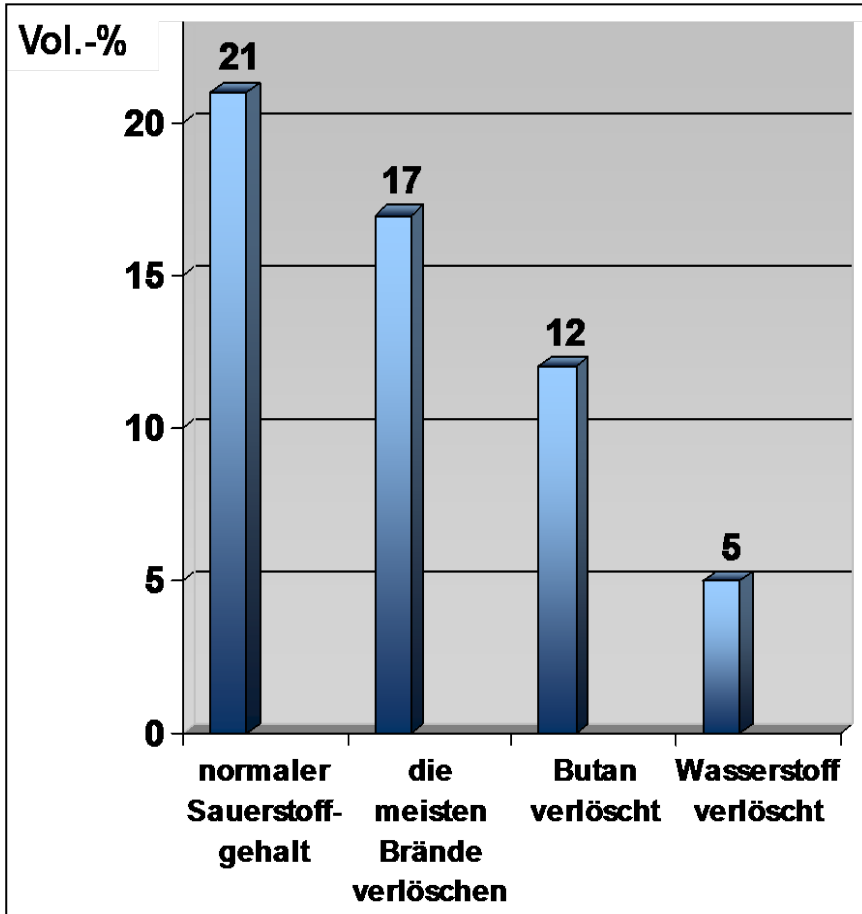


Abb. 3: Reduzierung der Sauerstoffzufuhr

3.3 Erhöhung der Sauerstoffzufuhr

Folgende Brandkenngrößen werden durch eine zunehmende Sauerstoffkonzentration erhöht bzw. gesteigert:

- **Entzündbarkeit**
- **Brennbarkeit**
- **Abbrandrate / Verbrennungsgeschwindigkeit**
- **Brandtemperatur**

3.3.1 Entzündbarkeit

Der Begriff Entzündbarkeit bezieht sich auf die Einleitung des Brennens, also auf den Vorgang der Entzündung.

Ein brennbarer Stoff ist umso leichter entzündbar, je weniger Energie zum Zünden erforderlich ist.

Durch eine erhöhte Sauerstoffkonzentration wird die Entzündbarkeit bis hin zur Selbstentzündung gesteigert. Insbesondere Kohlenwasserstoffe neigen in Gegenwart von reinem Sauerstoff zur Selbstentzündung. Armaturen von Sauerstoffflaschen dürfen aus diesem Grund auf keinen Fall mit Fetten oder Ölen in Kontakt kommen.

3.3.2 Brennbarkeit

Der Begriff der Brennbarkeit beschreibt die Befähigung zur selbstständigen Aufrechterhaltung der stabilen Verbrennung nach der Entfernung der Zündquelle.

Neben anderen Kriterien wird die Brennbarkeit im baulichen Brandschutz zur Einteilung in die Baustoffklassen verwendet.

Durch eine erhöhte Sauerstoffkonzentration wird die Brennbarkeit gesteigert und unter normalen Bedingungen nicht brennbare Stoffe werden brennbar (z. B. Eisen-, Stahl-, Metallteile).

3.3.3 Abbrandrate / Verbrennungsgeschwindigkeit

Die Abbrandrate beschreibt den Masseverlust eines brennenden Stoffes in einer bestimmten Zeit.

Neben dem Sauerstoffangebot ist die Abbrandrate von den Strömungsverhältnissen und der Umgebungstemperatur abhängig.

Zur Bestimmung der Abbrandrate wird die Verbrennungsgeschwindigkeit (Abbrandgeschwindigkeit) verwendet.

Die Abhängigkeit der Abbrandrate bzw. der Verbrennungsgeschwindigkeit von der Sauerstoffkonzentration wird deutlich, wenn man einen Holzspan in leicht erhöhter Sauerstoffkonzentration brennen lässt. Der Span brennt mit großer, heller, rauschender Flamme in sehr viel kürzerer Zeit ab.

3.3.4 Brandtemperatur

Die bei einem Brand auftretende Temperatur wird durch eine Erhöhung der Sauerstoffkonzentration ebenfalls erhöht, was z. B. technisch bei der Acetylenverbrennung mit reinem Sauerstoff beim autogenen Schweißen ausgenutzt wird. Die Brandtemperatur ist abhängig von der Verbrennungswärme (Heizwert) und wie schnell diese freigesetzt wird (s. Verbrennungsgeschwindigkeit und Abbrandrate).

Beispiele für Brandtemperaturen:

Schwelbrände:	200°C - 300°C
Großbrände:	800°C - 1000°C
Metallbrände:	über 2500°C

Für alle Brandkenngrößen gilt:

Die Verbrennung ist bei fein verteilten brennbaren Stoffen intensiver als bei massiv vorliegenden Stoffen, da eine bessere Mischung von Sauerstoff und brennbarem Stoff vorliegt.

4 Mengenverhältnis

4.1 Verhältnis Masse zu Oberfläche

Eine Verbrennung kann nur innerhalb bestimmter Mischungsverhältnisse der beteiligten Stoffe stattfinden.

- Bei **festen brennbaren Stoffen** bestimmt die Größe der Oberfläche des brennbaren Stoffes, die mit Luftsauerstoff in Kontakt kommen kann, das Mischungsverhältnis und damit Entzündbarkeit und Verbrennungsgeschwindigkeit (**Kontaktverhältnis**). Diese Oberfläche ist umso größer, je größer der Zerteilungsgrad des Materials ist.
- Feinstverteilte, feste brennbare Stoffe (z. B. Stäube) sind bezüglich Entzündbarkeit und Verbrennungsgeschwindigkeit vergleichbar mit dampfbildenden und gasförmigen Stoffen.
- An folgenden Einsatzstellen ist mit brennbaren Stäuben zu rechnen:
 - Landwirtschaftlich genutzte Gebäude
 - Schreinereien
 - Metallverarbeitende Betriebe
 - Mühlen
 - Kohlenkeller
 - Dachböden
 - Bäckereien

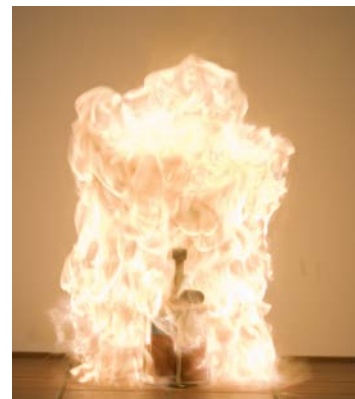


Abb. 4, Abb. 5 und Abb. 6: Verbrennung von Lykopodium (Bärappsporen)

4.2 Flammpunkt und Brennpunkt

Die Entzündbarkeit von flüssigen brennbaren Stoffen ist abhängig von der Flüssigkeitstemperatur, bei der sich (unter festgelegten Bedingungen) Dämpfe in solchen Mengen entwickeln, dass über dem Flüssigkeitsspiegel ein durch Fremdzündung entzündbares Dampf-Luft-Gemisch entsteht. Diese Temperatur der Flüssigkeit wird als **Flammpunkt** bezeichnet.

Anhand des Flammpunktes kann die Feuergefährlichkeit einer brennbaren Flüssigkeit ermittelt werden. Am gefährlichsten sind solche brennbaren Flüssigkeiten, die schon bei normaler Umgebungstemperatur ihren Flammpunkt überschritten haben, also genügend brennbare Dämpfe zur Entzündung liefern, wie z. B. Benzin mit einem Flammpunkt von unter -20°C . Ungefährlicher sind solche Flüssigkeiten, die erst auf ihren Flammpunkt erwärmt werden müssen, um genügend Mengen an brennbaren Dämpfen für eine Verbrennung zu liefern, wie z. B. Diesel mit einem Flammpunkt von mehr als 55°C .

Der **Brennpunkt** bezeichnet die niedrigste Temperatur einer brennbaren Flüssigkeit, bei der sich Dämpfe in solchen Mengen entwickeln, dass ein ständiges Brennen unterhalten bleibt.



Abb. 7: Erläuterung: Flammpunkt

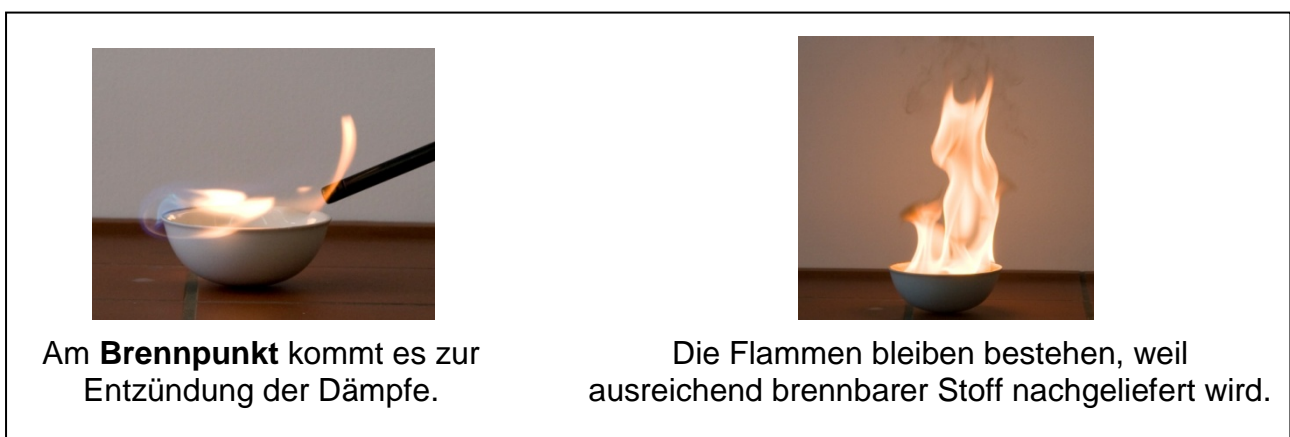


Abb. 8: Erläuterung: Brennpunkt

4.3 Explosionsbereich

Bei dampfbildenden, bei gasförmigen und bei staubförmigen brennbaren Stoffen bestimmt deren Konzentration in der Luft das Brandverhalten (Mischungsverhältnis).

Es gibt für die verschiedenen brennbaren Dämpfe, Gase, Nebel und/oder Stäube einen zündfähigen Mischungsereich, der jeweils zwischen einer stoffspezifischen unteren und oberen Grenze liegt. Wird das so genannte optimale Mischungsverhältnis erreicht, kann sich die Verbrennungsgeschwindigkeit bis zur Explosion steigern.

Dieser Bereich, innerhalb dessen die Zündung und Verbrennung möglich ist, nennt man **Explosionsbereich**. Die Grenzen zwischen der unteren bzw. oberen Konzentration des brennbaren Stoffes, bei denen es gerade nicht mehr zur Verbrennung kommt, nennt man **untere bzw. obere Explosionsgrenze**:

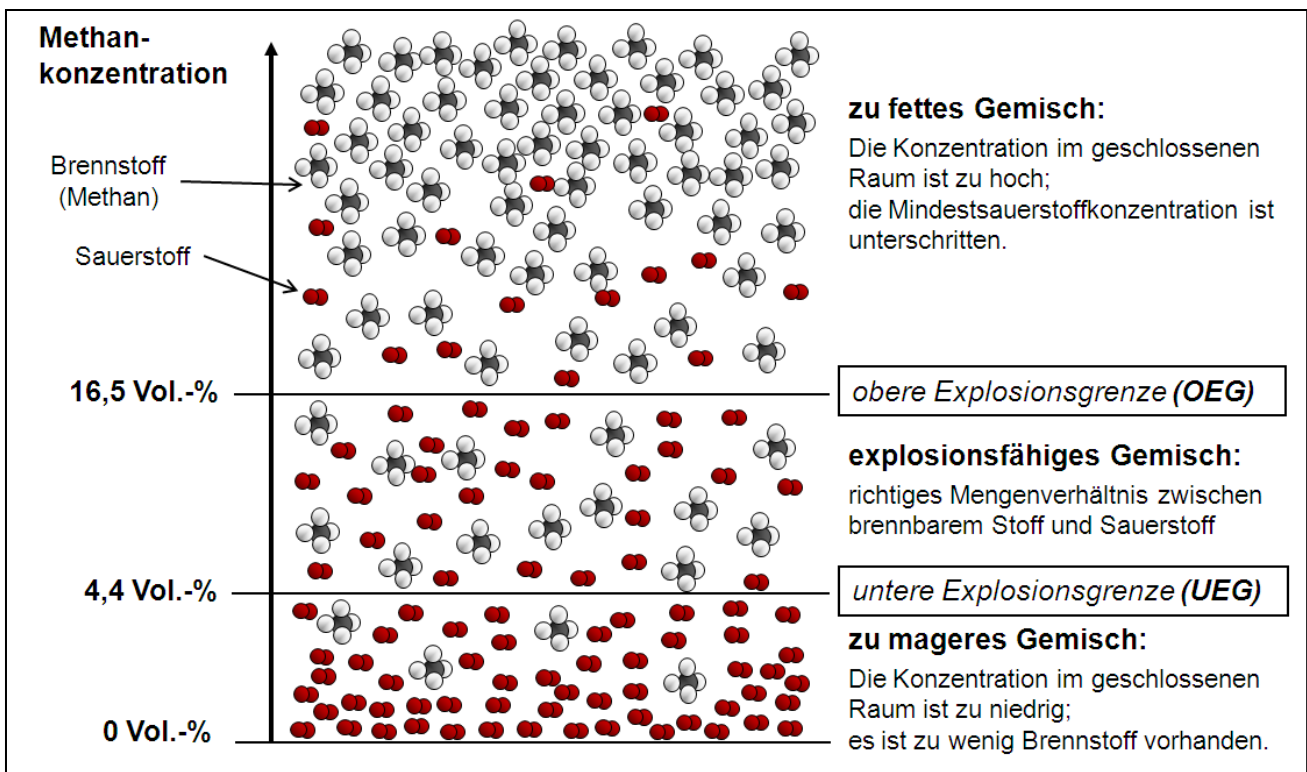


Abb. 9: Explosionsgrenzen am Beispiel von Methan

5 Zündenergie

Auch wenn alle stofflichen Voraussetzungen der Verbrennung erfüllt sind, kommt es in der überwiegenden Zahl der Fälle noch nicht zur offenen Verbrennung. Hierzu bedarf es noch eines energetischen Anstoßes, der das zündfähige System in einen erforderlichen Mindestwärmezustand versetzt.

Zunächst muss durch eine **Zündquelle** der zündfähigen Mischung Energie zugeführt werden.

Wird die **Zündenergie** zur Einleitung der Verbrennung von außen zugeführt, so spricht man von einer **Fremdzündung**.

Die Zündenergie, die zur Einleitung der Verbrennung mindestens zugeführt werden muss, bezeichnet man als **Mindestentzündungsenergie**. Der brennbare Stoff erreicht dann einen Wärmezustand, der **Zündtemperatur** genannt wird. Die Zufuhr der Zündenergie wird bei den meisten brennbaren Stoffen zuvor benötigt, um den Brennstoff thermisch aufzubereiten, d.h. der brennbare Stoff muss ggf. aufgewärmt, zersetzt, verschwelt, verflüssigt oder verdampft werden.

Die erforderliche Mindestentzündungsenergie wie auch die Zündtemperatur sind stoffspezifische Größen des jeweiligen Brennstoffs und abhängig von den schon erläuterten äußeren Faktoren (Verhältnis Masse zu Oberfläche, Sauerstoffkonzentration etc.).

Nach Überschreiten der Zündtemperatur wird die Verbrennung eingeleitet. Eine selbstständig fortschreitende Verbrennung erfolgt aber erst, wenn die so genannte Mindestverbrennungstemperatur erreicht wird, die oft wesentlich höher als die Zündtemperatur ist.

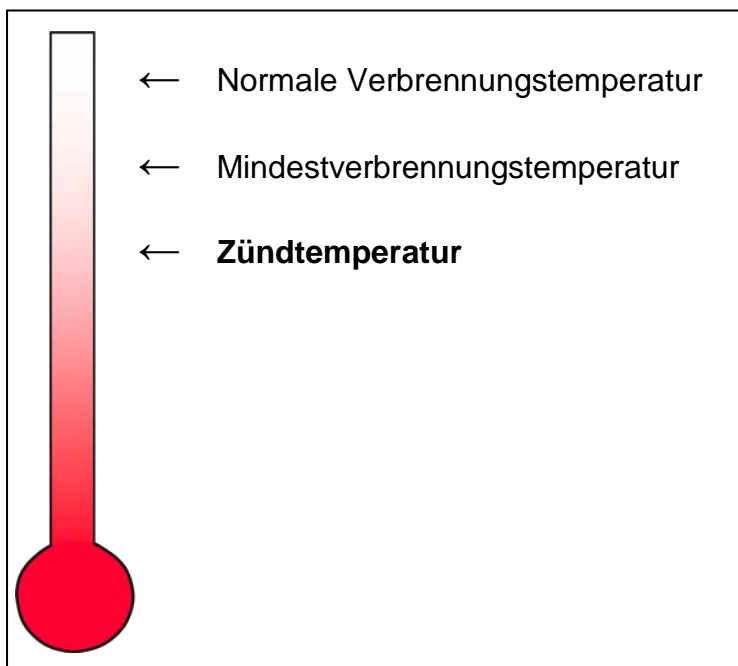


Abb. 10: Verbrennungstemperaturen

6 Löschmittel

Löschmittel sind feste, flüssige oder gasförmige Stoffe, die zum Löschen brennender Stoffe geeignet sind. Beim Löschen wird mit Hilfe des Löschmittels die Zündenergie, der brennbare Stoff, Sauerstoff oder das richtige Mengenverhältnis so beeinflusst, dass die Verbrennung unterbunden wird.

Vorwiegend verwendete Löschmittel

- Wasser
- Löschschaum
- Löschpulver
- Kohlendioxid

6.1 Löschregeln

Glutbrände:

Glutbrände werden mit Wasser bekämpft. Das Löschverfahren nennt sich **Abkühlen**. Hierbei wird dem Brand mit Hilfe des Wassers die Energie entzogen.

Flammenbrände:

Flammenbrände können mit Schaum, Pulver oder Kohlendioxid bekämpft werden. Dieses Löschverfahren nennt sich **Ersticken**. Hierbei wird durch Einsatz des Löschmittels das Mengenverhältnis zwischen Brennstoff und Sauerstoff gestört.

6.2 Löschmittel Wasser

Löschwirkung

- Abkühlende Wirkung durch das hohe Wärmeaufnahmevermögen bei Temperaturerhöhung und Verdampfung des Wassers.

Anwendung

- Vollstrahl
 - gebündelte Wasserabgabe

- Sprühstrahl
 - fein verteilte flächendeckende Wasserabgabe



Abb. 12: Vollstrahl



Abb. 13: Sprühstrahl

6.3 Löschmittel Schaum

Bestandteile

- Der von der Feuerwehr erzeugte klassische Löschschaum besteht aus den Komponenten **Wasser**, welches über die Feuerlöschkreiselpumpe zur Verfügung gestellt wird, **Schaummittel**, das dem Wasser im Zumischer zugegeben wird und **Luft**, die durch das Schaumstrahlrohr hinzu kommt.

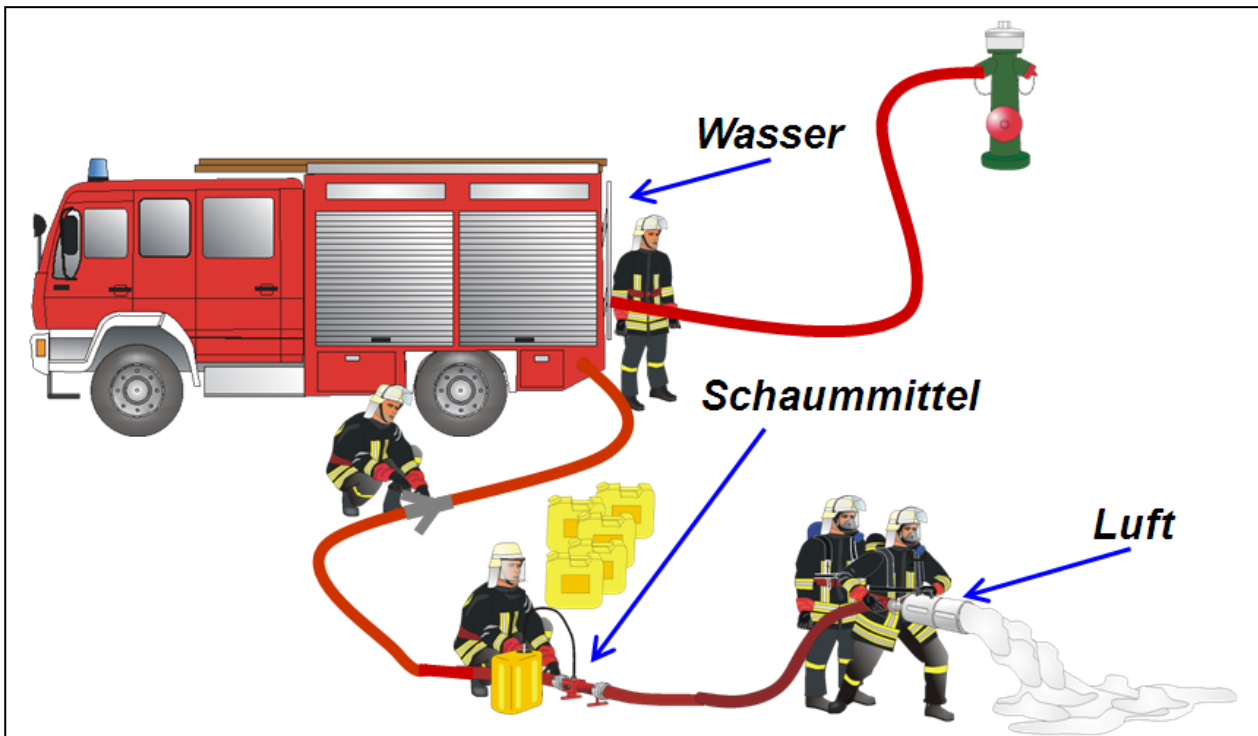


Abb. 14: Aufbau eines Schaumangriffs

Löschwirkung

- *Hauptlöschwirkung*
 - Ersticken durch Trennen des brennbaren Stoffes vom Sauerstoff
- *Nebenlöschwirkung*
 - abkühlende Wirkung bei Schäumen mit hohem Wassergehalt

Wichtige Faktoren bei der Schaumerzeugung sind die **Zumischrate (ZR)** und die **Verschäumungszahl (VZ)**.

Die **Zumischrate**, die den prozentualen Anteil des Schaummittels im Wasser-Schaummittelgemisch (auch Schaummittellösung genannt) angibt, beträgt in der Regel 3%. Bei besonderen Anwendungen oder bei speziellen Schaummitteln geben die Schaummittelhersteller auch andere Zumischraten an, die dann im jeweiligen Fall durch die Führungskraft vorgegeben werden müssen. Wird der Einsatzkraft, die den Zumischer bedient, keine andere Zumischrate genannt, so ist der Zumischer auf 3% einzustellen. Diese Zumischung ist für die weit verbreiteten Mehrbereichsschaummittel in den meisten Anwendungsfällen zutreffend.

Brennen und Löschen

Die Schaumarten Schwer-, Mittel- und Leichtschaum werden anhand der **Verschäumungszahl** eingeteilt. Die Verschäumungszahl gibt an, wie viel Liter Schaum aus einem Liter Schaummittellösung hergestellt werden können. Unterschieden wird je nach Luftgehalt des fertigen Schaums. Je höher die Verschäumungszahl, desto mehr Luft ist im Schaum enthalten.

- **Schwerschaum**
 - VZ bis 20
- **Mittelschaum**
 - VZ 20 bis 200
- **Leichtschaum**
 - VZ über 200

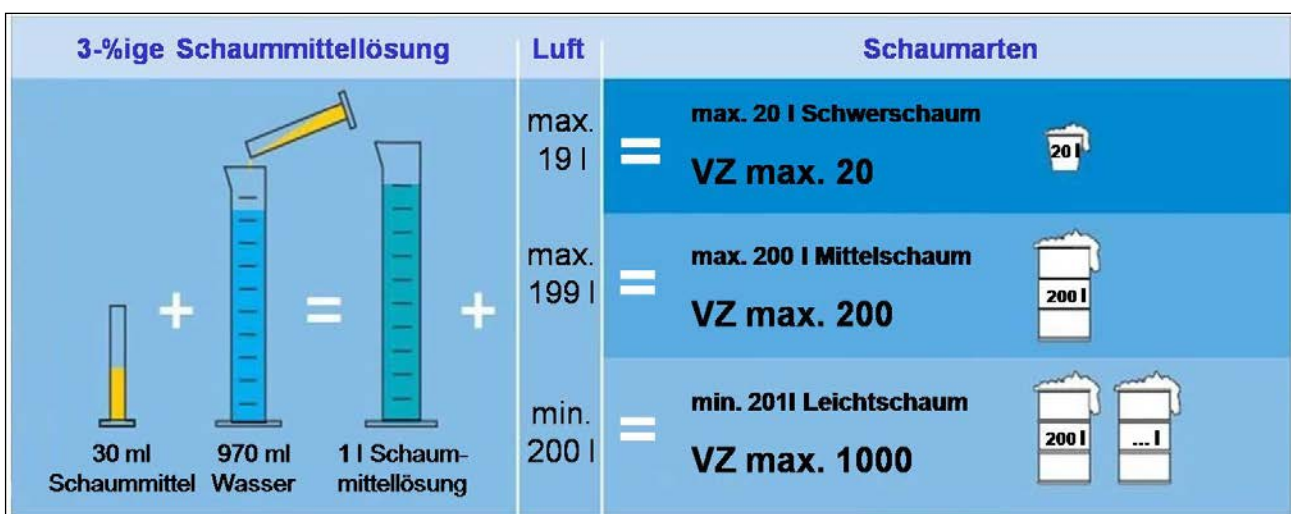


Abb. 15: Erläuterung: Verschäumungszahl

6.4 Löschmittel Pulver

Löschwirkungen

- direkter Eingriff der Pulverteilchen in die Verbrennungsreaktion
- Ersticken durch Verändern des Mengenverhältnisses von Brennstoff und Sauerstoff

Anwendung

- Das Löschmittel wird durch ein Treibmittel (unter Druck gespeichertes Gas) gewöhnlich aus dem Mundstück eines Feuerlöschers in Form einer Pulverwolke ausgestoßen.



Abb. 16: Einsatz eines Pulverlöschers

Brennen und Löschen

6.5 Löschmittel Kohlendioxid

Löschwirkung

- Ersticken durch Reduzieren des Sauerstoffanteils der Umgebungsluft unter die für die Verbrennung notwendige Konzentration.

Anwendung

- Das Kohlendioxid wird durch verschiedene Mundstücksformen der Feuerlöscher meist als Aerosol (Nebel) oder in Schneeform angewendet.



Abb. 17 und Abb. 18: Einsatz eines Kohlendioxidlöschers

6.6 Fettbrand-Löschmittel

Löschwirkungen

- Ersticken durch Trennen der Flüssigkeitsoberfläche vom Sauerstoff, hervorgerufen durch die Verseifung des Löschmittels.
- Abkühlen

Anwendung






- Das zumeist flüssige Löschmittel wird über die Löschpistole eines Feuerlöschers fein verteilt auf das brennende Speisefett bzw. -öl gesprüht.



Abb. 19 und Abb. 20: Einsatz eines Fettbrandlöschers

6.7 Löschmittel und Brandklassen

Ordnen Sie den Brandklassen die geeigneten Löschmittel zu:

Löschmittel \ Brandklasse						
		A	B	C	D	F
Wasser	Sprühstrahl					
	Vollstrahl					
Schaum						
Pulver	ABC-Pulver					
	BC-Pulver					
	D-Pulver					
Kohlendioxid						
Fettbrand-Löscher						

Tab. 2: Zuordnung Löschmittel und Brandklassen

6.8 Anwendung von Feuerlöschern

Da die Löschmittel der tragbaren Feuerlöcher und somit auch die Löschzeit begrenzt ist, muss das Löschmittel zielgerichtet eingesetzt werden. Um dieses zu erreichen gibt es Grundsätze, deren Beachtung gerade bei der Anwendung von Pulverlöschern zu einem schlagartigen Löscherfolg führen.

Der Angriff des Feuers mit dem Wind hält zum einen die entstehenden Atemgifte von der löschenden Person fern, zum anderen hilft der Wind, die Löschpulverwolke über das Brandgut zu verteilen. Eine großvolumige Verteilung des Löschpulvers gerade bei Bränden der Brandklasse B ist wichtig, damit die Flammen komplett von der Löschpulverwolke eingeschlossen werden und das Löschpulver seine Löschwirkung optimal umsetzen kann.

Feststoffbrände werden am effektivsten mit kurzen Löschmittelstößen gelöscht. Brände von Gasen oder Flüssigkeiten müssen ohne Unterbrechung des Löschrstrahls gelöscht werden, da die Flammen sonst auch nicht komplett von der Löschpulverwolke eingeschlossen werden können.

Liegen Tropf- oder Fließbrände vor, so werden diese von oben nach unten gelöscht. So wird verhindert, dass nachfließende brennende Flüssigkeit eine am Boden bereits abgelöschte Fläche immer wieder neu entzündet.

Brennen und Löschen

Für einen schlagartigen Löscherfolg ist auch eine massive Aufbringung des Löschmittels vorteilhaft. Mehrere Feuerlöscher parallel eingesetzt bringen mehr Nutzen als nacheinander eingesetzt.

Beim Einsatz von Feuerlöschern ist generell die Gefahr von Rückzündungen zu beachten, daher ist die Brandstelle nach dem Löschen eingehend zu kontrollieren und nach Möglichkeit eine Löschmittelreserve zurück zu halten.

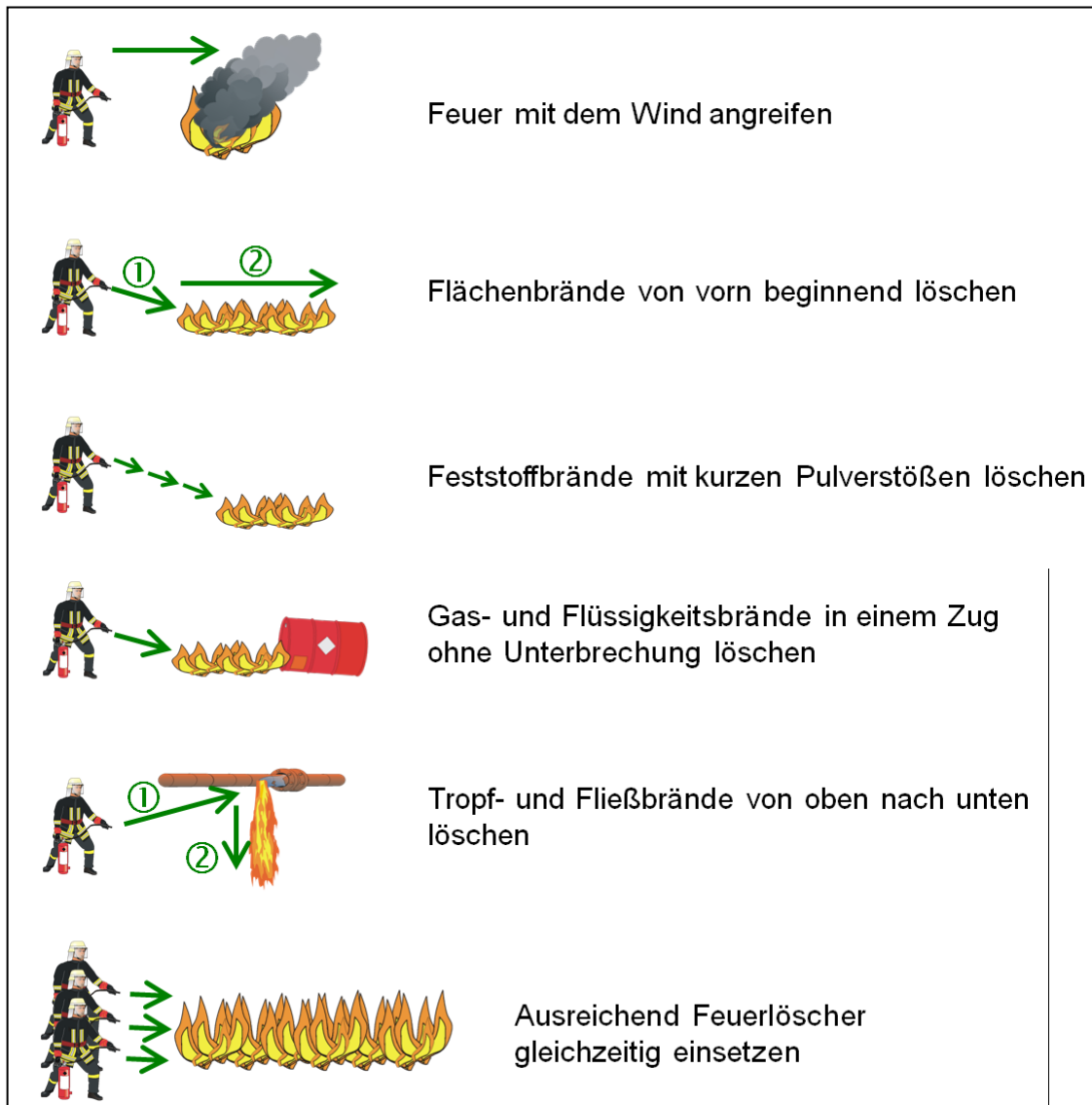


Abb. 21: Taktisch richtiges Vorgehen beim Einsatz von Feuerlöschern

7 Quellenverzeichnis

1. Hessische Landesfeuerwehrschule
Abb. 1 bis 13, Abb. 16 bis 18
Tab. 1 bis 2
2. Firegrafics GmbH
Abb. 14 und 21
3. Dr. Sthamer
Abb. 15
3. Minimax mobile Services GmbH & Co. KG
Abb. 19 und 20