

Brennen und Löschen

Stand 10/2010

Merkmale und Voraussetzungen des Brennens

Brennbare Stoffe verbrennen je nach Zusammensetzung und deren Aggregatzustand mit unterschiedlichen sichtbaren Erscheinungen

Der Energiezustand eines festen Stoffes wird durch die Glut bezeichnet, das heißt, die ausgehende Wärmestrahlung. Bei festen und nicht weiter zersetzlichen brennbaren Stoffen entsteht Glut alleine. Als Beispiele sind hierfür zu nennen: künstliche entgaste Stoffe wie, beispielsweise Holzkohle oder Koks, aber ebenso Metalle wie Eisen, Magnesium oder Aluminium.

Brennbare Gase und Flüssigkeiten stellen dagegen reine Flammenbrände dar. Bei brennenden Flüssigkeiten brennen nicht die Flüssigkeiten selbst, sondern ausschließlich die Flüssigkeitsdämpfe, die oberhalb der Flüssigkeit entstehen.

Mit Flamme und Glut verbrennen zersetzliche brennbare Stoffe und feste Stoffe. Während die Glut die ausgehende Wärmestrahlung darstellt, entsteht die Flamme durch die entstehenden Gase und Dämpfe während der thermischen Zersetzung. Holz besteht auch einem großen Teil aus Kohlenstoff, der einen festen Aggregatzustand darstellt, aber ebenfalls auch aus Bestandteilen, die aufgrund der thermischen Aufbereitung dampf- bzw. gasförmig werden und daher mit Flamme verbrennt.

Brennbarer Stoff und Sauerstoff müssen jedoch in einem richtigen Mengenverhältnis vorhanden sein um eine Verbrennung zu ermöglichen. Diese Voraussetzung wird als stoffliche Voraussetzung bezeichnet. Ebenfalls wird eine Zündenergie benötigt, die energetische Voraussetzung.

Brennbarer Stoff

Brandklassen nach EN 2

Eine grobe Einteilung von Stoffen, die im Wesentlichen das gleiche Brandverhalten aufweisen, wird mit der Brandklasseneinteilung vorgenommen. Zu den Brandklassen können dann die geeigneten Löschmittel zugeordnet werden.

Brandklasse	Brände von...	Beispiele	Erscheinung
A	festen Stoffen	Holz, Papier, Kunststoff, Kohle	Flamme und/oder Glut
B	flüssig oder flüssigwerdenden Stoffen	Benzin, Bitumen, Paraffin, Alkohol	Flamme
C	gasförmigen Stoffen	Erdgas, Propan, Acetylen, Methan	Flamme
D	Metallen	Aluminium, Natrium, Magnesium	Glut
F	Speiseölen und Speisefetten	-	Flamme

Verbrennungs- und Zersetzungsprodukte

Verbrennungs- und Zersetzungsprodukte entstehen je nach Zusammensetzung des brennbaren Stoffes und der Brandphase .

Beispiele:

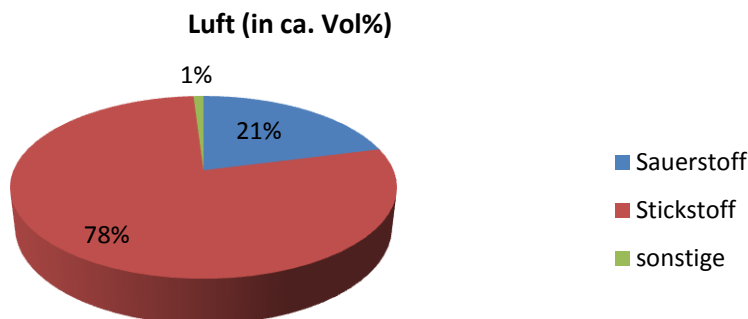
Wasserstoff	⇒	Wasser
Alkohol	⇒	Kohlendioxid, Wasser
Holz	⇒	Kohlendioxid, Wasser, Kohlenmonoxid, Methanol, Formaldehyd, Ruß, Teer, Essigsäure, aromatische Kohlenwasserstoffe, ...
Kunststoffe	⇒	Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Wasser, Ammoniak, Stickoxide, Blausäure, Salzsäure, Schwefeldioxid, ...

Da bei einem Löscheinsatz diese Atemgifte vorkommen, ist das Vorgehen daher ab der Rauchgrenze nur mit Atemschutzgeräten möglich!

Sauerstoff

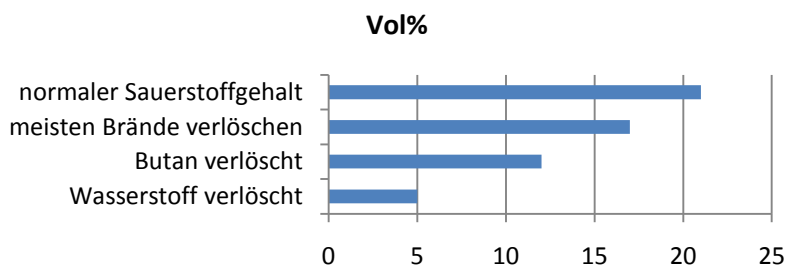
Zusammensetzung des Gasmisches „Luft“

In der Umgebungsluft ist der zur Verbrennung notwendige Sauerstoff zu ca. 21 Vol% enthalten. Daneben wird bei der Erwärmung der Luft noch eine Vielzahl von Verbindungen aufgespalten, die ebenfalls sehr viel Sauerstoff enthalten (bspw. Peroxide).



Reduzierung der Sauerstoffzufuhr

Bei einer Sauerstoffkonzentration von ca. 15 Vol% bis ca. 17 Vol% erlöschen die meisten Brände. Die Mindestsauerstoffkonzentration gibt an, wann ein Brand in Abhängigkeit der Sauerstoffkonzentration erlischt.



Erhöhung der Sauerstoffzufuhr

Durch eine zunehmende Sauerstoffkonzentration werden die Brandkenngrößen

- ⇒ Entzündbarkeit
- ⇒ Brennbarkeit
- ⇒ Abbrandrate bzw. Verbrennungsgeschwindigkeit
- ⇒ Brandtemperatur

erhöht bzw. gesteigert.

Entzündbarkeit

Die Entzündbarkeit bezeichnet die Einleitung des Brennens, es wird also der Vorgang der Entzündung beschrieben. Je weniger Energie zum Entzünden erforderlich ist, umso entzündbarer ist der brennbare Stoff.

Die Entzündbarkeit kann durch eine erhöhte Sauerstoffkonzentration bis zur Selbstentzündung gesteigert werden. Zum Beispiel neigen Kohlenwasserstoffe im Beisein von reinem Sauerstoff zur Selbstentzündung. Daher dürfen Armaturen von Sauerstoffflaschen niemals mit Fetten oder Ölen in Kontakt kommen.

Entflammbarkeit (Brennbarkeit)

Die Fähigkeit zur selbstständigen Aufrechterhaltung einer stabilen Verbrennung nach der Wegnahme der Zündquelle wird als Entflammbarkeit bezeichnet.

Insbesondere im bautechnischen Brandschutz wird die Entflammbarkeit in bestimmte Baustoffklassen vorgenommen.

Durch eine Erhöhung der Sauerstoffkonzentration kann die Entflammbarkeit gesteigert werden. Dabei werden unter normalen Bedingungen nicht brennbare Stoffe wiederum brennbar (z.B. Metallteile).

Abbrandrate bzw. Verbrennungsgeschwindigkeit

Der Masseverlust eines brennenden Stoffes in einer bestimmten Zeit wird als Abbrandrate bezeichnet.

Außer der Sauerstoffkonzentration sind die Strömungsverhältnisse sowie die Umgebungstemperatur einflußnehmend auf die Abbrandrate.

Die Verbrennungsgeschwindigkeit wird zur Bestimmung der Abbrandrate verwendet.

Wenn man beispielsweise einen Holzspan in einer leicht erhöhten Sauerstoffkonzentration entzündet, brennt dieser mit einer großen, hellen und rauschender Flamme in einer sehr viel kürzeren Zeit ab.

Brandtemperatur

Durch eine Erhöhung der Sauerstoffkonzentration wird die bei einem Brand auftretende Temperatur ebenfalls erhöht. Technisch wird dies zum Beispiel bei der Acetylenverbrennung mit reinem Sauerstoff beim Autogenschweißen ausgenutzt. Die Brandtemperatur ist von den beiden Faktoren der Verbrennungswärme und Verbrennungsgeschwindigkeit abhängig.

Beispiele:

- Schwelbrände: 200 °C – 300 °C
- Großbrände: 800 °C – 1.000 °C
- Metallbrände: >2.500 °C

Mengenverhältnis

Verhältnis Masse zu Oberfläche

Nur innerhalb bestimmter Mischungsverhältnisse der beteiligten Stoffe kann eine Verbrennung stattfinden.

- ⇒ Bei festen brennbaren Stoffen wird das Mischungsverhältnis und damit die Entzündbarkeit und die Verbrennungsgeschwindigkeit durch die Größe der Oberfläche des Stoffes, die mit Luftsauerstoff in Kontakt kommen kann, bestimmt.
- ⇒ Bezüglich der Entzündbarkeit und Verbrennungsgeschwindigkeit sind Feinstverteilte, feste brennbare Stoffe mit dampfbildenden und gasförmigen Stoffen vergleichbar.
- ⇒ mit brennbaren Stäuben ist an nachfolgenden Einsatzstellen zu rechnen:
 - Landwirtschaftliche Gebäude
 - Schreinereien
 - Metallverarbeitende Betriebe
 - Mühlen
 - Kohlenkeller
 - ungenutzte Dachböden



Versuch einer Mehlstaubverbrennung

Brennpunkt und Flammpunkt

Als Flammpunkt wird die Temperatur bezeichnet, bei der eine Flüssigkeit so viele Dämpfe erzeugt, dass über dem Flüssigkeitsspiegel ein durch Fremdzündung entzündbares Dampf-/Luft-Gemisch entsteht.

Mithilfe des Flammpunktes kann die Feuergefährlichkeit einer brennbaren Flüssigkeit angegeben werden.

Brennbare Flüssigkeiten, die bereits bei normalen Temperaturen ihren Flammpunkt überschritten haben, z.B. Benzin mit einem Flammpunkt von -35 °C , gelten als sehr gefährlich. Weniger gefährlich sind solche Flüssigkeiten, die zur Erreichung ihres Flammpunktes erst erwärmt werden müssen.

Die niedrigste Temperatur einer brennbaren Flüssigkeit, bei der sich Dämpfe in solchen Mengen entwickeln, dass ein ständiges Brennen selbstständig möglich ist, wird als Brennpunkt bezeichnet.



Flammpunkt: Dämpfe entzünden sich



Flammen erlöschen, da nicht genügend brennbare Dämpfe vorhanden sind



Brennpunkt: Dämpfe entzünden sich



Flammen erlöscht nicht, da ausreichend brennbare Dämpfe sich entwickeln können

Explosionsbereich

Die Konzentration der dampfbildenden, gasförmigen und staubförmigen brennbaren Stoffe in der Luft bestimmt dementsprechend das Brandverhalten.

Für die verschiedenen brennbaren Dämpfe, Gase, Nebel und Stäube gibt es einen zündfähigen Mischungsbereich, der zwischen einer stoffspezifischen unteren und oberen Explosionsgrenze liegt. Wenn das optimale Mischungsverhältnis erreicht wird, kann sich die Verbrennungsgeschwindigkeit bis zur Explosion steigern.

Der Explosionsbereich beschreibt den Bereich, in dessen die Zündung und Verbrennung möglich ist. Die obere bzw. untere Explosionsgrenze ist die Grenze, bei der die Konzentration des brennbaren Stoffes so gering bzw. so hoch ist, dass eine Verbrennung nur noch schwer bis gar nicht mehr möglich ist.

Obere Explosionsgrenze	Zu fettes Gemisch	Die Konzentration im geschlossenen Raum ist zu hoch, die Mindestsauerstoffkonzentration ist unterschritten
	Explosionsfähiges Gemisch	Richtiges Mengenverhältnis zwischen brennbarem Stoff und Sauerstoff
Untere Explosionsgrenze	Zu mageres Gemisch	Die Konzentration im geschlossenen Raum ist zu niedrig; es ist zu wenig brennbarer Stoff vorhanden



Zündenergie

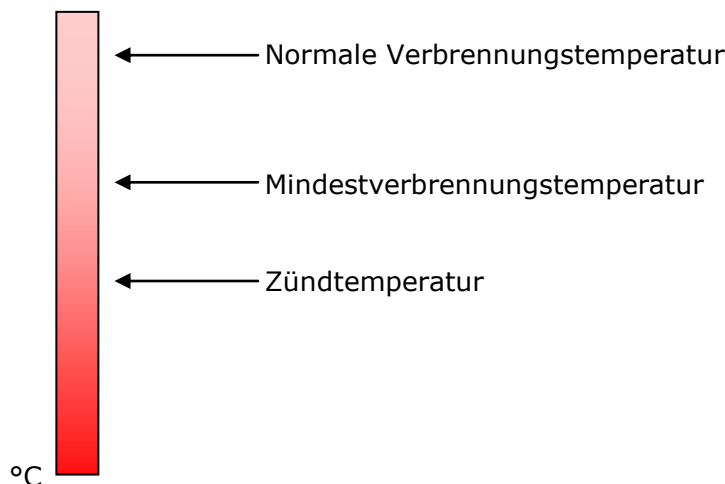
Für eine offene Verbrennung bedarf es trotz der Erfüllung der stofflichen Voraussetzungen noch eines energetischen Anstoßes, um das zündfähige System in den Mindestwärmestand zu versetzen.

Dazu muss dem zündfähigen Gemisch mittels einer Zündquelle die erforderliche Energie zugeführt werden.

Geschieht dies von außen, wird von einer Fremdzündung gesprochen. Im Gegensatz dazu wird von einer Selbstzündung geredet wenn sich der brennbare Stoff durch eine eigene Reaktionswärme einen Wärmestau erzeugt, der zum Entzünden ausreicht.

Als Mindestentzündungsenergie wird die zur Einleitung der Verbrennung mindestens erforderliche Zündenergie bezeichnet. Erst dann erreicht der brennbare Stoff einen Wärmestand, der mit dem Begriff der Zündtemperatur bezeichnet wird. Damit wird deutlich, dass der brennbare Stoff erst thermisch aufbereitet werden muss, um den Brennvorgang zu ermöglichen.

Eine Verbrennung wird demnach also erst eingeleitet, sobald sie Zündtemperatur überschritten ist. Damit diese Verbrennung nun auch selbstständig fortschreitet, muss die Mindestverbrennungstemperatur überschritten werden, die jedoch deutlich höher als die Zündtemperatur liegt.

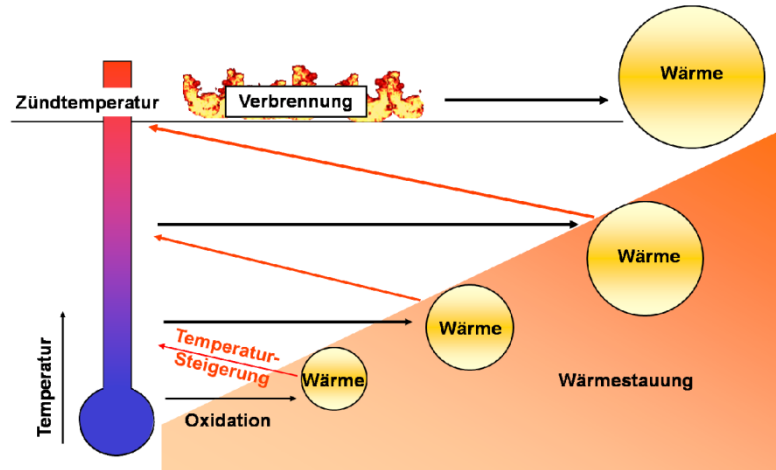


Für eine Fremdzündung können folgende Möglichkeiten in Betracht kommen:

- Offenes Feuer, Flugfeuer und Funkenflug
- Mechanisch und elektrisch erzeugte Funken
- Erwärmte Oberflächen
- Chemische Reaktionen
- statische Aufladungen
- gebündeltes Sonnenlicht (Lupeneffekt)

Zu einer Selbstzündung kann es immer dann kommen, wenn die erforderliche Zündenergie zum Brennen nicht von außen eingebracht wird, sondern durch eine eigene Reaktionswärme in hohen Mengen innerhalb eines Wärmestaus.

Als Beispiel sei hier die Heuselbstzündung genannt, die durch Bakterienstämme entstehen kann. Dabei wird das Heu durch eine Oxidation selbsttätig auf die erforderliche Zündtemperatur gebracht (siehe Grafik auf nächster Seite).



Löschmittel

Als Löschmittel werden feste, flüssige oder gasförmige Stoffe bezeichnet, die geeignet sind, brennende Stoffe abzulöschen. Dabei können diese Löschmittel in verschiedener Art in die Verbrennung eingreifen, um diese zu stören.

Einflußnahme durch das Löschmittel:

- auf die Zündenergie
- auf den brennbaren Stoff
- auf den Sauerstoff
- auf das Mengenverhältnis
- durch den antikatalytischen Effekt

Als Löschmittel werden verwendet:

- Wasser
- Löschschaum
- Löschpulver
- Kohlendioxid

Löschregeln

Glutbrände werden i.d.R. mit Wasser bekämpft. Dabei wird dem Brandgut mit Hilfe des Wassers die erforderliche Wärmeenergie entzogen. Dieser Vorgang wird als Abkühlen bezeichnet.

Flammenbrände werden i.d.R. mit den Löschmitteln Löschschaum, Löschpulver oder mit Kohlendioxid bekämpft. Als Löscheffekt wird hier das Stören des richtigen Mengenverhältnisses zwischen brennbarem Stoff und Sauerstoff aufgezeigt. Diesen Effekt wird als Ersticken bezeichnet.

Löschmittel Wasser

Wirkung: durch das hohe Wärmeaufnahmevermögen bei Temperaturerhöhung und Verdampfung des Wassers wird ein Abkühlen erreicht

Anwendung: Vollstrahl (gebündelte Wasserabgabe)

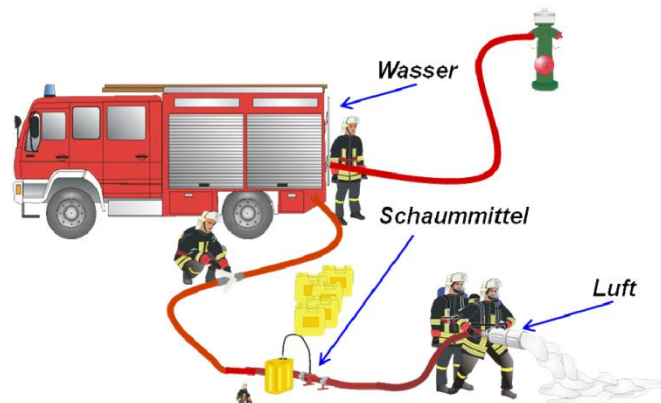


Sprühstrahl (feinverteilt, flächendeckende Wasserabgabe)



Löschmittel Löschschaum

Löschschaum besteht aus den Komponenten Wasser, Schaummittel und Luft.



Wirkung: Ersticken durch Trennen des Sauerstoffes und brennbaren Stoffes (Hauptlöschwirkung)

bei Löschsäumen mit einem hohen Wassergehalt zusätzliche eine abkühlende Wirkung (Nebenlöschwirkung)

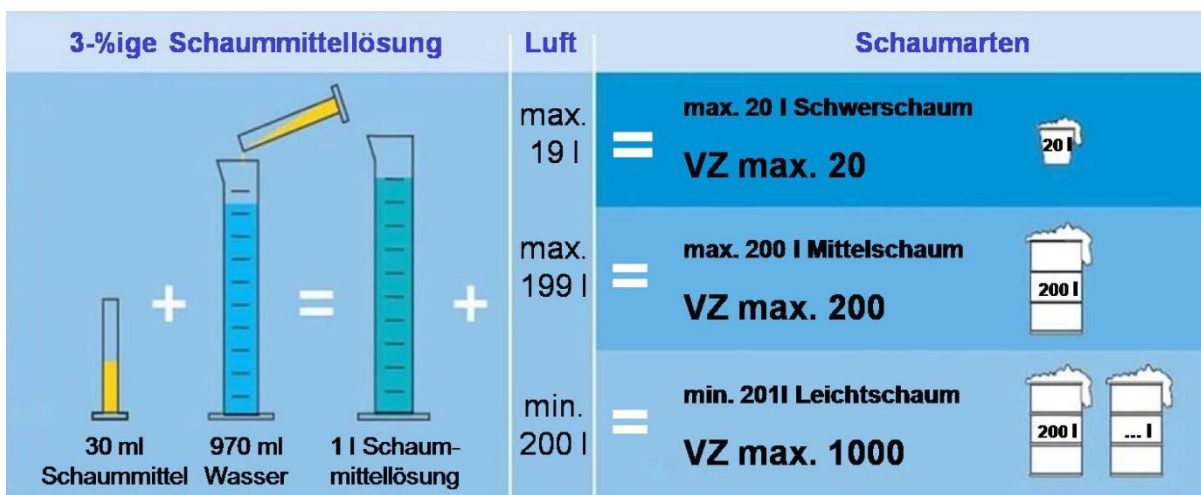
Die wichtigsten Faktoren zur Erzeugung des Löschmittels Schaum sind die **Zumischrate** und die **Verschäumungszahl**.

Der prozentuale Anteil des Schaummittels innerhalb des Wasser-Schaummittelgemisches wird als Zumischrate bezeichnet und beträgt in der Regel ca. 3%. Wenn es der Schaummittelhersteller vorgibt oder die besondere Einsatzlage es erforderlich macht, kann durch den jeweiligen Einheitsführer eine andere Zumischrate bestimmt werden. Wird kein Hinweis auf die Zumischrate gemacht, wird auf 3% Zumischrate eingestellt.

Das Löschmittel Schaum wird in drei Varianten des Schaums eingeteilt:

- Schwerschaum
- Mittelschaum
- Leichtschaum

Die Unterscheidung erfolgt durch die Verschäumungszahl. Diese gibt an, wie viel Schaum in Liter aus einem Liter Schaummittelgemisch hergestellt werden kann. Je mehr Luft im fertigen Schaum enthalten ist, desto höher ist die Verschäumungszahl.



Löschmittel Pulver

Wirkung: Die Löschwirkung des Löschmittels Pulver beruht auf den direkten Eingriff der Pulverteilchen in die Verbrennungsreaktion. Dadurch wird eine Störung des Mengenverhältnisses von brennbarem Stoff zu Sauerstoff erreicht und es kommt zum Ersticken. Bei den Stoffen der Brandklasse A und D wird vom Trennen zwischen brennbarem Stoff und Sauerstoff gesprochen. Bei der Brandklasse B und C kommt der antikatalytische Löscheffekt zur Anwendung. Beim Zusammentreffen der kühlen Pulverteilchen mit den für die Verbrennung notwendigen Zwischenprodukt wird den Radikalen die Energie entzogen. Der Verbrennungsvorgang wird unterbrochen. Man spricht hier von einer *antikatalytischen Reaktion*.

Anwendung: Gewöhnlich wird das Löschmittel Pulver durch ein Treibmittel aus dem Mundstück eines Pulverlöschers heraus getrieben. Es entsteht eine Pulverlöschwolke.



Löschmittel Kohlendioxid

Wirkung: Das Kohlendioxid verdrängt den für die Verbrennung notwendigen Sauerstoff. Daher wird von einer Verdünnung des Sauerstoffanteils in der Umgebungsluft gesprochen.

Anwendung: Das Kohlendioxid wird mit Druck aus einem Kohlendioxidlöschers über ein Mundstück als Gas, Aerosol oder als Schnee heraus getrieben.








Löschmittel Fettbrand-Löschmittel

Wirkung: Bei einem Fettbrandlöschers wird ein Trennen der Oberfläche der brennbaren Flüssigkeit zum Sauerstoff durch eine Verseifung des Löschmittels erreicht.

Anwendung: Ähnlich wie bei einem Pulverlöschers wird das meist flüssige Löschmittel fein verteilt auf die brennende Flüssigkeit (Speisefett/Speiseöl) gesprüht.



Löschmittel und Brandklassen

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

Der Fettbrand-Löscher kann je nach Hersteller auch für die Brandklassen A und B eingesetzt werden.

Anwendung von Feuerlöschern

Aufgrund der Begrenzung des Löschmittels und damit auch der Löschzeit müssen Feuerlöscher stets zielgerichtet eingesetzt werden. Daher sind Grundsätze beim Einsatz dieser Löschergeräte zu beachten, um einen schlagartigen Erfolg zu gewährleisten.

- Feuer mit dem Wind angreifen

Zum einen hält ein Angreifen mit der Windrichtung die Atemgifte von dem Benutzer des Löschergerätes fern, zum anderen wird durch den Wind die Löschpulverwolke über dem Brandgut verteilt. Gerade bei der Brandklasse B ist es wichtig, eine komplette Einhüllung der Flammen mit dem Löschpulver zu erzielen um den Effekt der Löschwirkung zu erzielen.

- Flächenbrände von vorn beginnend löschen

Flächenbrände werden grundsätzlich von vorne beginnend gelöscht.

- Tropf- und Fließbrände von oben nach unten löschen

Beim Löschen von Tropf- und Fließbränden ist auf das Löschen von oben nach unten zu achten, um zu verhindern, dass nachfließende bzw. tropfende brennende Flüssigkeit eine am Boden bereits abgelöschte Fläche wieder neu entzünden kann.

- Ausreichende Feuerlöscher gleichzeitig einsetzen

Eine massive Aufbringung von Löschmittel ist beim Einsatz vorteilhafter als ein Einsetzen der Feuerlöscher nacheinander.

Generell ist beim Einsatz von Feuerlöschern die Gefahr von Rückzündungen zu beachten. Daher ist die Einsatzstelle eingehend zu kontrollieren und weiterhin entsprechendes Löschmittel bereitzustellen.