

## **5.1**

# **Brennen und Löschen**

**- mit "Verbrennungsschema" -**

**Inhaltlich hängen folgende Merkblätter zusammen:**

**„Brennen und Löschen“**

**„Löschmittel - Löschverfahren“**

**„Feuerlöschtechnik“**

**„Feuer als Gegner“**

**„Feuerlöschtaktik“ mit Beilage „Taktikschema“**

# Brennen und Löschen

## A) Verbrennungsvorgang

### I. Brennstoff

Brennstoffe sind gasförmige, flüssige oder feste Stoffe einschließlich Dämpfen, Nebeln und Stäuben, die im Gemisch oder im Kontrakt mit Luft oder Sauerstoff zum Brennen gebracht werden können.

**Die brennbaren Stoffe** werden im folgenden mit dem Begriff „**Brennstoff**“ zusammengefaßt. Mit „**Sauerstoff**“ ist in der Regel der Sauerstoff der Luft gemeint.

#### 1. Art der (Bau-)Stoffe. Einteilung nach DIN 4102 Teil 1, Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen:

**Klasse A:** nichtbrennbare Stoffe, unterteilt in die Klassen A 1 und A 2 nach unterschiedlich hohen Prüfanforderungen, z. B. Gips.

**Klasse B:** Brennstoffe, unterteilt in

**Klasse B1:** schwerentflammbare Stoffe, z. B. mit mineralischen Bindemitteln gebundene Holzwolle-Leichtbauplatten nach DIN 11 01.

**Klasse B2:** normalentflammbare Stoffe, z. B. Holz von mehr als 2 mm Dicke.

**Klasse B3:** leichtentflammbare Stoffe, z. B. Holz bis zu 2 mm Dicke.

#### 2. Form und Zustand der Brennstoffe

**a) Feste, glutbildende Brennstoffe** (Brandklasse A nach DIN EN 2: Brände fester Stoffe, hauptsächlich organischer Natur, die normalerweise unter Glutbildung verbrennen).

**aa) Feste, zersetzliche Brennstoffe** - gehen durch Wärmeeinwirkung in der Regel vor Einleitung der Zündung zum Teil in den gasförmigen Zustand über (z. B. Holz, Kohle, Papier). Die festen Bestandteile (Kohlenstoff) verbrennen mit **Glut**, die gasförmigen mit **Flamme**. Zersetzung wird am Beispiel „Holz“ deutlich: Ein Teil der zugeführten Zündwärme (und nach Zündung auch der Verbrennungswärme, siehe Abschnitt A III, 7. und 9.) wird zur „Aufbereitung“ des Brennstoffs verbraucht. Es entsteht eine Art „Gaswerk“ (Bei kurzzeitiger Erwärmung „raucht“ ein Holzspan zunächst nur: „Holzgase“!).

**ab) Feste, nicht zersetzliche Brennstoffe** - verbrennen nur mit **Glut** allein (künstlich entgaste, feste Brennstoffe, wie Koks oder Holzkohle).

**b) Dampfbildende Brennstoffe** (Brandklasse B nach DIN EN 2: Brände von flüssigen oder flüssig werdenden Stoffen).

**ba) Plastische Brennstoffe** sind wärmeleitfähig: Gehen in der Regel in den flüssigen und schließlich in den dampfförmigen (Aggregat-) Zustand über (z. B. Wachs, Stearin, Fette, Teer, bestimmte Kunststoffe). Die entstehenden Dämpfe verbrennen mit **Flamme**. Auch hier wird ein Teil der zugeführten bzw. entstehenden Wärme zur „Aufbereitung“ des Brennstoffs verbraucht (Schmelzwärme, Verdampfungswärme).

**bb) Flüssige Brennstoffe** - gehen in den dampfförmigen Zustand über (z. B. Benzin, Spiritus, Petroleum, Dieselöl, Heizöl). Die entstehenden Dämpfe verbrennen mit **Flamme**. Sie sind bei bestimmten Arten (unterschieden nach Gefahrklassen) bereits bei Normaltemperatur vorhanden (Flammpunkt, siehe Abschnitt A III, 5 c). Bei anderen entstehen sie erst nach „Aufbereitung“ des flüssigen Brennstoffs durch „Aufheizen“.

**c) Gasförmige Brennstoffe** (Brandklasse C nach DIN EN 2: Brände von Gasen) - befinden sich bereits bei Normaltemperatur in gasförmigem Zustand (z. B. Leuchtgas). Sie verbrennen mit **Flamme**. Zu ihnen gehören auch unter Druck stehende oder ausströmende Gase.

**d) Metalle** (Brandklasse D nach DIN EN 2: Brände von Metallen) sind abhängig von der Art des Metalls und dem Verhältnis von Oberfläche zu Volumen. Metalle verbrennen mit Flamme oder Glut. Nach dem Aggregatzustand gehören Metalle zu den festen Stoffen. Da wegen sehr hoher Verbrennungstemperaturen besondere Löschmittel bei Bränden von Metallen zur Anwendung kommen, wurde in DIN EN 2 für diese Art von Bränden die Brandklasse D eingeführt.

3. **Glut** - Glutfarben geben Anhalt für **Verbrennungstemperaturen**: dunkle Rotglut etwa 600 °C, helle Rotglut etwa 900 °C, Gelbglut etwa 1100 °C, Weißglut etwa 1300 °C.

4. **Die Flammenzonen** - werden am Beispiel der Kerze deutlich.

Von innen nach außen:

**Dunkle Verdampfungszone** um den Docht, enthält unverbrannte Paraffindämpfe -

**hellgelb leuchtende Glühzone**, in der sich die Paraffindämpfe in Kohlenstoff (fein verteilt - glüht) und Gase (Wasserstoff) zersetzen -

**hellblaue Verbrennungszone**, Kohlenstoff und Wasserstoff verbrennen bei Berührung mit Sauerstoff der Luft unter Wärmeentwicklung zu Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und Wasser (Dampf).

5. **Verteilung der Brennstoffe** - Verhältnis von Volumen (Masse) zu Oberfläche (Oberfläche von rauhem Holz größer als von gehobeltem - Oberfläche Bretter um Vielfaches größer als die des Stammes, aus dem sie geschnitten). Verteilung beeinflusst Entzündlichkeit (und Verbrennungsgeschwindigkeit, siehe Abschnitt A II, 3.) der Brennstoffe.

a) **Feste, glutbildende Brennstoffe** - kompakt (Balken) - grob verteilt (Hobelspäne) - fein verteilt (Sägemehl) - schwebend (aufgewirbelter Holzstaub). Ergibt bestimmtes **Kontakt-(Berührungs-)verhältnis** mit Sauerstoff (siehe Abschnitt A II, 3a).

b) **Dampfbildende und gasförmige Brennstoffe** - unvermischt mit Sauerstoff - nicht zündfähiges Gemisch mit Sauerstoff - zündfähiges Gemisch mit Sauerstoff. Bezeichnet bestimmtes **Mischungsverhältnis** (siehe Abschnitt A II, 3b).

## 6. Ergebnis der Verbrennung

a) **Wärme** (und Licht) - (siehe Abschnitt A III, 7.).

b) **Verbrennungsgase** - sind in der Regel sehr flüchtig (hohe Temperaturen - Wärmeartrieb!) und werden an die Umgebung abgegeben (Kohlendioxid = (CO<sub>2</sub>), Kohlenmonoxid = CO bei unvollkommener Verbrennung, sonstige Oxide = Sauerstoffverbindungen, Wasserdampf, sonstige Atemgifte).

c) **Rückstände** - Asche, Schlacke, Oxide. Aus den Rückständen (z. B. Schmelzspuren, auch nicht-brennbarer Stoffe) läßt sich u. U. auf die Verbrennungstemperatur schließen, die bei einem Brand geherrscht hat. Ruß und Holzkohle sind keine „Rückstände“ im Sinne des Verbrennungsergebnisses, sondern unverbrannt gebliebener Brennstoff (Kohlenstoff).

## II. Sauerstoff

1. **Normale Verbrennung** - bei richtigem Mengenverhältnis zwischen Brennstoff und Sauerstoff (zu rd. 21 % in der Luft). Genauer ausgedrückt: Richtiges Kontaktverhältnis bei festen, richtiges Mischungsverhältnis bei dampfbildenden und gasförmigen Brennstoffen (siehe auch Abschnitt A II, 3.). Wichtig für Zündung, Verbrennungsgeschwindigkeit und ob Verbrennung vollkommen oder unvollkommen. (Beispiel: Feuer im Ofen brennt „richtig“, wenn für den „richtigen“ Brennstoff der „richtige“ Zug herrscht).

2. **Langsame Verbrennung** - wird das Mengenverhältnis durch Verringerung des Sauerstoffanteils verändert, läuft der Verbrennungsvorgang langsamer ab. In der Zeiteinheit wird weniger Wärme frei (siehe Abschnitt A III, 8. - Beispiel: Drosselt man Zug im Ofen, reicht die nachgelegte Kohlenmenge länger, macht aber auch nicht so warm). Änderung des Mengenverhältnisses nach oben (z. B. Zufuhr von reinem Sauerstoff) oder nach unten (z. B. Absinken des Sauerstoffanteils der Luft in einem umschlossenen Brandraum) kann fördernd oder hemmend auf den Verbrennungsvorgang wirken. Hemmung kann so weit gehen, daß Verbrennungsvorgang zum Stillstand kommt. Das Feuer erlischt.

3. **Verbrennungsgeschwindigkeit** - hängt demnach ab vom

**Mengenverhältnis** zwischen Brennstoff (Form, Zustand, Verteilung) und Sauerstoff (jeweiliger Sauerstoffanteil der Luft - „**Sauerstoff-Konzentration**“). Hieraus ergibt sich

a) das jeweilige optimale (= „bestmögliche“) **Kontaktverhältnis** zwischen festen Brennstoffen und Sauerstoff (Vergleich: bei Kesselfeuerung mit Kohlenstaub „besseres“ Kontaktverhältnis als bei Ofenheizung mit Stückkohle) und

- b) das jeweilige optimale **Mischungsverhältnis** zwischen **dampfbildenden** Brennstoffen (in dampfförmigem Zustand) oder **gasförmigen** Brennstoffen und Sauerstoff (Vergleich: richtige Einstellung bei Ölheizung - Verbrennung ohne Ruß).

#### 4. Schnelle Verbrennung

a) **Feste, glutbildende Brennstoffe** - je feiner verteilt, desto größer die Oberfläche des Brennstoffs und die mögliche Kontakt-(Berührungs-)fläche (z. B. bei aufgewirbeltem Holzstaub größer als bei gleicher Holzmenge in Form von Hobelspänen).

b) **Dampfbildende und gasförmige Brennstoffe** - zünden und verbrennen nur innerhalb eines bestimmten **Mischungsverhältnisses** mit Sauerstoff = **Zündbereich** (untere - obere Zündgrenze. Beispiel: Zu fettes oder zu mageres Benzindampf-Luft-Gemisch bei Kraftfahrzeugen. Zündung und Verbrennung nur bei „richtiger“ Einstellung). Der Zündbereich wird in % als „**Brennstoffkonzentration**“, bezogen auf Luft, angegeben, z. B.

Benzin	0,4 - 8 %	(enge Zündgrenzen)
Leuchtgas	6 - 40 %	(mittlere Zündgrenzen)
Acetylen	1,5 - 82 %	(weite Zündgrenzen)

Weil solche Gemische sehr schnell verbrennen, bezeichnet man Zündbereich und Zündgrenzen auch als Explosionsbereich und Explosionsgrenzen. Je nach Verbrennungsgeschwindigkeit unterscheidet man

**Verpuffung** (Verbrennungsgeschwindigkeit cm/sec.), z. B. Dampf- oder Gas-Luft-Gemisch in der Nähe der unteren und oberen Zündgrenze,

**Explosion** (m/sec.), z. B. Dampf- oder Gas-Luft-Gemisch im Bereich des optimalen Mischungsverhältnisses, auch Staub-Luft-Gemische bei optimalem Kontaktverhältnis und

**Detonation** (km/sec.), z. B. Dampf oder Gas-Sauerstoff-Gemisch. („Dampf“: nicht etwa Wasserdampf, sondern z. B. Benzindampf!)

5. **Unvollkommene Verbrennung** - bei Sauerstoffmangel erfolgt z. T. nur eine Zersetzung des Brennstoffs in feste und gasförmige Bestandteile (Beispiel: Völliges Abdecken des Ofenfeuers mit Kohle). Der Kohlenstoff verbrennt z. T. nur zu Kohlenstoffmonoxid (CO) und nicht zu Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>). Nicht oder unvollkommen verbrannte Bestandteile des Brennstoffs können bei plötzlichem Sauerstoffzutritt verpuffungsartig mit Stichflamme abbrennen (Öffnen geschlossener Brandräume). - Verbrennung in der Regel nur möglich, wenn Sauerstoffanteil der Luft nicht weniger als 15 %.

### III. Wärme

1. **Zündung** - Einleitung einer sichtbaren, rasch verlaufenden Verbindung von Brennstoff und Sauerstoff (Oxidation).

#### 2. Zündquelle

a) **Fremdzündung** - Zuführen der erforderlichen Wärme(-energie) von außen (Fremdwärme), z. B. durch Berührung mit dem Verbrennungsbereich der Zündquelle (Flammen = brennende Dämpfe oder Gase, Funken = glühende, feste Brennstoffe), durch elektrische Funken, Reibungswärme, Wärmeleitung, Wärmestrahlung, Wärmeströmung.

b) **Selbstentzündung** - langsame Oxidation eines dazu neigenden Brennstoffs mit Temperatursteigerung bis zur Zündtemperatur durch Wärmeerzeugung unter Wärmestau.

3. **Zündtemperatur** - jeweilige Mindesttemperatur, auf die ein Brennstoff durch die Zündwärme gebracht werden muß, um sich bei entsprechender Berührung mit dem Sauerstoff der Luft zu entzünden. Temperatur ist der **Wärmezustand** eines Stoffes.

4. **Zündwärme** (Zündenergie) - Wärmeaufwand für die Erzeugung der Zündtemperatur = jeweilige Mindestwärmemenge, die dem Brennstoff zum „Start“ der Verbrennung zugeführt werden muß, um ihn in den für die Zündung erforderlichen „Mindest-Wärmezustand“ (=Zündtemperatur) zu versetzen. Zündwärme muß dabei Brennstoff für die Zündung und Verbrennung in der Regel „aufheizen“ und ihn meist über Zwischenzustände (Aggregatzustände) „aufbereiten“ (zersetzen, verschwelen, verflüssigen, verdampfen). Die „Aufbereitung“ kann übrigens bereits durch eine andere, „fremde“ Wärmequelle erfolgt sein, die z. B. nur zum

Verdampfen eines flüssigen Brennstoffes „ausreichte“, nicht aber zur Zündung des Dampfes. - Die erforderliche Zündwärme hängt ab vom Brennstoff, seiner Oberfläche und Verteilung, dem Sauerstoffanteil der Luft, sowie dem Kontakt- und Mischungsverhältnis zwischen Brennstoff und Sauerstoff (Beispiel: Zündwärme des Funkens des Feuerzeugs reicht für die Entzündung Benzindampf im Dochtbereich, nicht aber für Zündung Holzspan. Zündholz entzündet Holzspan, nicht aber Koks). Weitere Einflüsse auf den Zündvorgang, z. B. durch Anwesenheit sogenannter Katalysatoren bleiben hier unberücksichtigt.

Zündwärme und Zündtemperatur (als „Funktion“ = abhängige Größe der Zündwärme) sind in der vereinfachten „Verbrennungsformel“ und im „Verbrennungsschema“ unter dem Begriff „Wärme“ zusammengefaßt. - Wärme ist eine **Form der Energie** (Verdeutlichung der „Energie“: Bewegungsenergie wird durch Reibung in Wärmeenergie verwandelt, z. B. heißgelaufenes Lager). - Zündtemperatur und Zündwärme sind in der Brandpraxis „**kritische**“ **Temperatur** und „**kritische**“ **Wärme**. Der mögliche Weg der Übertragung der „kritischen“ Wärme bedeutet die mögliche Brandbedrohung (=Ausdehnungsgefahr).

## 5. Temperaturpunkte bis zur Zündung

**a) Schwelppunkte** - Temperaturpunkt, bei dem die Zersetzung fester (zersetzlicher) Brennstoffe in gasförmige und feste Bestandteile beginnt (meist nicht genau bestimmbar, deshalb auch: „Schwelbereich“).

**b) Schmelzpunkt** - Temperaturpunkt, bei dem feste (nicht zersetzliche) Brennstoffe oder plastische Brennstoffe in den flüssigen (Aggregat-)Zustand übergehen.

**c) Flammppunkt** - Temperaturpunkt, bei dem flüssige oder flüssiggewordene plastische Brennstoffe beginnen, in den dampfförmigen (Aggregat-)Zustand überzugehen, wobei soviel brennbare Dämpfe entwickelt werden, daß diese bei Annäherung einer entsprechenden Zündquelle und Berührung mit dem Sauerstoff der Luft kurzzeitig aufflammen. Der Brennpunkt (Fortsetzung der Verbrennung ohne Zufuhr von Fremdwärme), der bei den meisten Brennstoffen knapp darüber liegt, wird hier vernachlässigt. Im Zusammenhang mit Brandpraxis ist nur der Flammppunkt wichtig. Er bezeichnet die Gefährlichkeit eines Dampf bildenden Brennstoffs:

**Gefahrklasse A I:** Flammppunkt unter + 21 °C (Benzin durchschnittlich - 25 °C). Brennbare Dämpfe in der Regel also bereits bei Normal-(Zimmer-)Temperatur vorhanden. („Es riecht nach Benzin“!)

**Gefahrklasse A II:** Flammppunkt zwischen + 21 °C und + 55 °C (z. B. Petroleum) - der Flüssigkeit muß in der Regel Verdampfungswärme zugeführt werden.

**Gefahrklasse A III:** Flammppunkt von mehr als + 55 °C bis + 100 °C (z. B. Dieselöl) - der Flüssigkeit muß ebenfalls Verdampfungswärme zugeführt werden.

**Gefahrklasse A I-III:** Mit Wasser nicht oder nur teilweise mischbar!

**Gefahrklasse B** (mit Wasser mischbar): Flammppunkt unter + 21 °C (z. B. Spiritus) - sonst wie Gefahrklasse A I.

**d) Zündtemperatur** - Die Werte für die Zündtemperatur (siehe Abschnitt A III, 3.) sind Mittelwerte (Einfluß von Oberfläche usw., ähnlich wie bei Zündwärme, Abschnitt A III, 4.) z. B. Holz, je nach Art 240-300 °C, Papier 180-360 °C, Koks 510-640 °C, Petroleum 380-440 °C.

**6. Verbrennung** - Verbindung von Brennstoff und Sauerstoff unter Wärme- und Lichtentwicklung (=Feuer) - sichtbare, rasche Oxidation, chemischer Vorgang (=Umwandlung der Stoffe).

**7. Verbrennungswärme** - Wärmeergebnis der Verbrennung = Menge der Wärmeenergie, die bei völliger Verbrennung eines Brennstoffs frei wird (= Heizwert, „Wärmeinhalt“, ausgedrückt in kJ/kg - KiloJoule/kg - früher kcal/kg - 1 kcal » 4,2 KJ).

**8. Verbrennungstemperatur** - Wärmezustand, der durch die freiwerdende Wärmeenergie erzeugt wird. Hängt ab von

**a) Verbrennungsgeschwindigkeit** (siehe Abschnitt A II, 3.) und

**b) Heizwert** des Brennstoffs, d.h. die Verbrennungstemperatur wird von der Menge der Wärmeenergie bestimmt, die in einer bestimmten Zeiteinheit frei wird. Also: schnell verbrennender Brennstoff von großem Heizwert ergibt höhere Verbrennungstemperatur als ein langsam verbrennender von gleichem oder niedrigem Heizwert. Ungefähre Verbrennungstemperaturen:

Phosphor 800 °C, Holz und Kohle 1100-1300 °C, Elektron 2000 bis 3000 °C, Großbrand 800-1100 °C

Verbrennungswärme (=„Wärmeergebnis“) und Verbrennungstemperatur sind in „Verbrennungsformel“ und „Verbrennungsschema“ bei ihrer gegenseitigen Abhängigkeit ebenfalls unter dem Sammelbegriff „Wärme“ zusammengefaßt.

**9. Kreislauf der Wärme** - die Verbrennungswärme wird z. T. an die Umgebung abgegeben (Wärmeabgabe durch Wärmeleitung, -strahlung, -strömung), z. T. wird sie „abgezweigt“ und verbraucht, um die Zündtemperatur des Brennstoffs aufrechtzuerhalten und ihn für Zündung und Verbrennung „aufzuheizen“ und „aufzubereiten“ (Wärmeaufwand zur Aufrechterhaltung der Zündtemperatur, siehe Abschnitt A III 4.). Wird die Wärmeabgabe jedoch zu groß oder die Wärmeerzeugung zu gering, so daß die Verbrennungstemperatur unter die Zündtemperatur sinkt, wird der „Kreislauf der Wärme“ unterbrochen. Die Verbrennung hört auf. Bei schwer entflammaren Brennstoffen reicht z. B. die Verbrennungswärme nicht zu Aufrechterhaltung der Zündtemperatur, deshalb muß ständig „Fremdwärme“ zugeführt werden.

Ohne einen gewissen „natürlichen“ Wärmestau ist weder Zündung noch Verbrennung möglich. Wärmezufuhr oder -erzeugung muß also größer sein als Wärmeverbrauch und (oder) -abgabe.

## 10. Wärmeübertragung

**a) Wärmeleitung** - innerhalb eines festen Stoffes (z. B. Stahlträger) oder von Stoff zu Stoff bei Berührung (z. B. Ofenplatte - Kochtopf). Wärmeleitfähigkeit der Stoffe unterschiedlich. Gute Wärmeleiter: Metalle. Schlechte Wärmeleiter: Holz, Backsteine, Luft. (Beispiele: Wärmeübertragung auf Innenseite Schamotteausmauerung durch Berührung mit Verbrennungsbereich eines Ofenfeuers, von da auf Außenseite Ofenkacheln durch Wärmeleitung).

**b) Wärmestrahlung** - ohne „Wärmeträger“ durch den freien Raum (Beispiel: Außenseite Ofenkacheln strahlt Wärme an Umgebung ab). **Wird durch Windrichtung nicht beeinflusst.** Zündung auf weite Entfernung möglich (z. B. gegen den Wind, über „Straßenbreiten“ hinweg).

**c) Wärmeströmung** - innerhalb flüssiger (z. B. Warmwasserheizung) oder dampf- und gasförmiger Stoffe (z. B. aufsteigende Brandgase) als „Wärmeträger“.

## B) Löschvorgang

**Natürliche Beendigung** der Verbrennung kann erfolgen,

- wenn die Verbrennungswärme nicht mehr ausreicht, um die Zündtemperatur des Brennstoffs aufrecht zu erhalten. „Kreislauf der Wärme“ wird unterbrochen
- wenn kein oder nicht mehr genügend Sauerstoff zur Verfügung steht
- wenn der Brennstoff aufgebraucht ist

**Beabsichtigte Beendigung** der Verbrennung („Löschen“) erfolgt nach den gleichen Grundsätzen durch **Abkühlen, Ersticken oder Beseitigen** (ggf. auch antikatalytischer Löscheffekt - inneres Ersticken).

### I. Abkühlen

**1. Anwendungsbereich** - Regelfall: feste, glutbildende Brennstoffe (Flamme - Glut, Glut), in Sonderfällen auch dampfbildende und gasförmige Brennstoffe (Flamme) - Siehe Merkblätter „Löschmittel-Löschverfahren“ und „Feuerlöschtechnik“. **Ausnahme:** brennbare Metalle, Brandklasse D.

**2. Löschmittel** - Wasser, Verdampfungswärme 2252 kJ/kg - 1 Liter Wasser von 10 °C „bindet“ beim völligen Verdampfen von der Verbrennungswärme 378 kJ (Erwärmung von 10 °C auf 100 °C) + 2252 kJ (Übergang von 100 °C flüssig in 100 °C dampfförmig) = 2630 kJ (Zum Vergleich: Heizwert 1 kg Holz etwa 18 840 kJ).

**3. Haupt-Löschwirkung** - Abkühlen des Brennstoffs unter seine Zündtemperatur: Vom „Wärmeergebnis“ der Verbrennung (= Verbrennungswärme) wird soviel Verdampfungswärme für Wasser verbraucht, bis die Restmenge nicht mehr zur Aufrechterhaltung der Zündtemperatur ausreicht - dadurch ist der „Kreislauf der Wärme“ und damit der Verbrennungsvorgang unterbrochen. „Gelöscht“ ist jedoch bei festen, zersetzlichen Brennstoffen erst, wenn das „Gaswerk“ beseitigt ist (siehe Abschnitt A I, 2a und A III, 5a), also der Brennstoff unter den „Schwelpunkt“ abgekühlt ist.

## II. Ersticken

1. **Anwendungsbereich** - Regelfall: dampfbildende und gasförmige Brennstoffe (Flamme). Ausnahme (Abkühlen!) möglich in Sonderfällen (geringer Brandumfang, siehe Abschnitt B I, 1.). Ersticken möglich durch

- a) **Verdrängen:** dampfbildende und gasförmige Brennstoffe und
- b) **Abdecken:** dampfbildende Brennstoffe.

### 2. Löschmittel

- a) **Verdrängen** - gasförmige Löschmittel (Gaswolke), Löschpulver (Pulverwolke) und bestimmte flüssige Löschmittel (Dampfvolke).
- b) **Abdecken** - Schaum, Löschpulver und sonstige Löschmittel (Sand, Graugußspäne), bestimmte flüssige (filmschichtbildende) Löschmittel (Light Water) Löschdecke, Behälterdeckel.

### 3. Haupt-Löschwirkung

- a) **Verdrängen** - Störung des Mengenverhältnisses zwischen Brennstoff und Sauerstoff (siehe Abschnitt A II, 3.), bis das Mischungsverhältnis nicht mehr zündfähig und damit der Verbrennungsvorgang unterbrochen ist: Verminderung des Sauerstoffanteils der Luft (Sauerstoffkonzentration) bei Dampf-Luft- und Gas-Luft-Gemischen durch „Beimischen“ des Löschmittels, dadurch verlangsamt sich die Verbrennung bis zum Stillstand (in der Regel wenn Sauerstoffanteil der Luft weniger als 15 %).
- b) **Abdecken** - Abschließen von dampfbildendem Brennstoff gegen den Sauerstoff der Luft. Dadurch wird „Nachschub“ des Brennstoffs in zündfähigem, dampfförmigem Zustand verhindert und der Verbrennungsvorgang unterbrochen. Dieser Vorgang kommt dem 3. Prinzip, der Beseitigung des Brennstoffs, gleich.

**Für Verdrängen und Abdecken gilt:** Die Verbrennung ist mit Unterschreiten der Zündtemperatur unterbrochen. Bei dampfbildenden Brennstoffen ist jedoch erst „gelöscht“, wenn auch der Flammpunkt unterschritten ist: solange sind brennbare Dämpfe vorhanden, die sich wieder entzünden, wenn sich nach Unwirksamwerden des Löschmittels wieder ein zündfähiges Mischungsverhältnis herstellt (Sauerstoffzutritt) und in seinem Bereich noch eine entsprechende Zündquelle vorhanden ist (=Zündwärme, die die erforderliche Zündtemperatur erzeugen kann). Sinngemäß auch für gasförmige Brennstoffe gültig. Bei brennbaren Flüssigkeiten Gefahrenklasse A I und B (Flammpunkt unter + 21 °C) sind brennbare Dämpfe in der Regel auch bei Normaltemperatur vorhanden.

## III. Beseitigen

- 1. **Anwendungsbereich** - alle Formen von Brennstoff, Regelfall bei wasserabweisenden Brennstoffen.
- 2. **Löschwirkung** - keine besondere Erläuterung erforderlich, da im Sinne der Brandpraxis kein chemisch-physikalischer, sondern ein löschtechnischer Vorgang.
- 3. **Anwendungsart** - Wegräumen fester Brennstoffe (Einrichtungsgegenstände, Lagergut aller Art, wie Heu, Holz, Kohle, ferner Beseitigung von Feuerbrücken, Brandschneisen bei Waldbränden), Entfernen und Entleeren von Behältern fester, dampfbildender und gasförmiger Brennstoffe, Schließen ihrer Zuleitungen.

## IV. Antikatalytischer Löscheffekt

Das Löschmittel (Halon, Löschpulver) wirkt auf den komplizierten chemischen und physikalischen Ablauf der Verbrennung ein. Der Verbrennungsvorgang wird - obwohl ausreichend Brennstoff, Sauerstoff und Wärme vorhanden sind - gestört bzw. unterbrochen (inneres Ersticken).

# Beilage - Verbrennungsschema -

## Brennen

Die Erfahrung lehrt, daß für das Zustandekommen eines Feuers drei Dinge nötig sind: Etwas „zum Verbrennen“ (**Brennstoff**), genügend Luft (benötigt wird der **Sauerstoff**, der etwa zu 21 % in der Luft enthalten ist) und schließlich etwas „zum Anzünden“ (**Wärme**). Auf die vereinfachte „klassische“ und allgemein verständliche „**Verbrennungsformel**“ gebracht, lautet der Vorgang:

**B + S + W = Feuer**

**Brennstoff** und **Sauerstoff** und **Wärme** ergibt **Feuer**

Ferner ist bekannt, daß beim „Brennen“ Licht und Wärme entstehen, daß diese Wärme größer ist, als die Wärme, mit der das Feuer „angezündet“ wurde, und daß der Brennstoff in „Rauch und Asche“ aufgeht. Er wurde also „umgewandelt“. Das Ergebnis des Verbrennungsvorgangs lautet demnach vereinfacht:

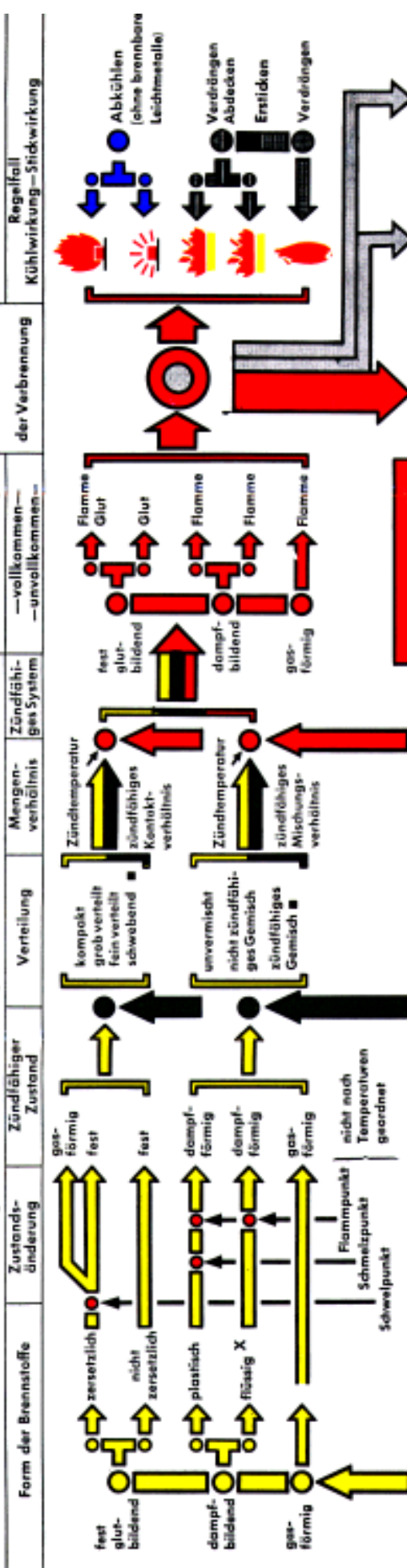
**Feuer = W + VG + R**  
**Feuer** ergibt **Wärme** und **Verbrennungsgase** und **Rückstände**

Der Verbrennungsvorgang ist umstehend in seinen Zusammenhängen in vereinfachter Form in einem „**Verbrennungsschema**“ dargestellt. Es wird durch zwei weitere Darstellungen über den „**Wärmeweg**“ ergänzt. Die hierzu nötigen Begriffe sind im Merkblatt zusammengestellt und erläutert, soweit es für die Brandpraxis erforderlich ist.

## Löschen

Jedes Kind weiß,  
daß man Feuer mit Wasser löscht,  
ein Ofen ausgeht, wenn er keinen Zug mehr hat  
und die Gasflamme erlischt, wenn man den Gashahn zudreht.  
**Mit dem Fehlen einer der drei Voraussetzungen geht Feuer also aus.**

## Voraussetzungen der Verbrennung



**Brennstoff**  
 schwer – normal –  
 leicht –  
 entflammbar

**Sauerstoff**  
 21%  
 in der Luft  
 – Sauerstoffkonzentration

**Wärme**  
 Zündwärme –  
 Wärmehinzufluss  
 (Energie) zur  
 Erzeugung der  
 Zündtemperatur  
 – Wärmehinzufluss  
 für Zustandsänderungen inbegriffen

**Verbrennung**  
 – Feuer –  
 Verbrennungsge-  
 schwindigkeiten  
 – langsam –  
 normal –  
 schnell –  
 (Verpuffung  
 Explosion  
 Detonation)

**Wärme**  
 Verbrennungswärme –  
 heftigere Wärmeenergie  
 (Heizwert) –  
 Verbrennungstemperatur –  
 durch erzeugter  
 Wärmezustand  
 – Licht –

**Verbrennungsgase**  
 – „Brandgase“ –  
 CO<sub>2</sub>, CO bei unvollst. Verbrennung,  
 sonstige Oxide,  
 Wasserdampf,  
 Abgasstoffe

**Rückstände**  
 Oxide  
 Asche  
 Schmelzprodukte

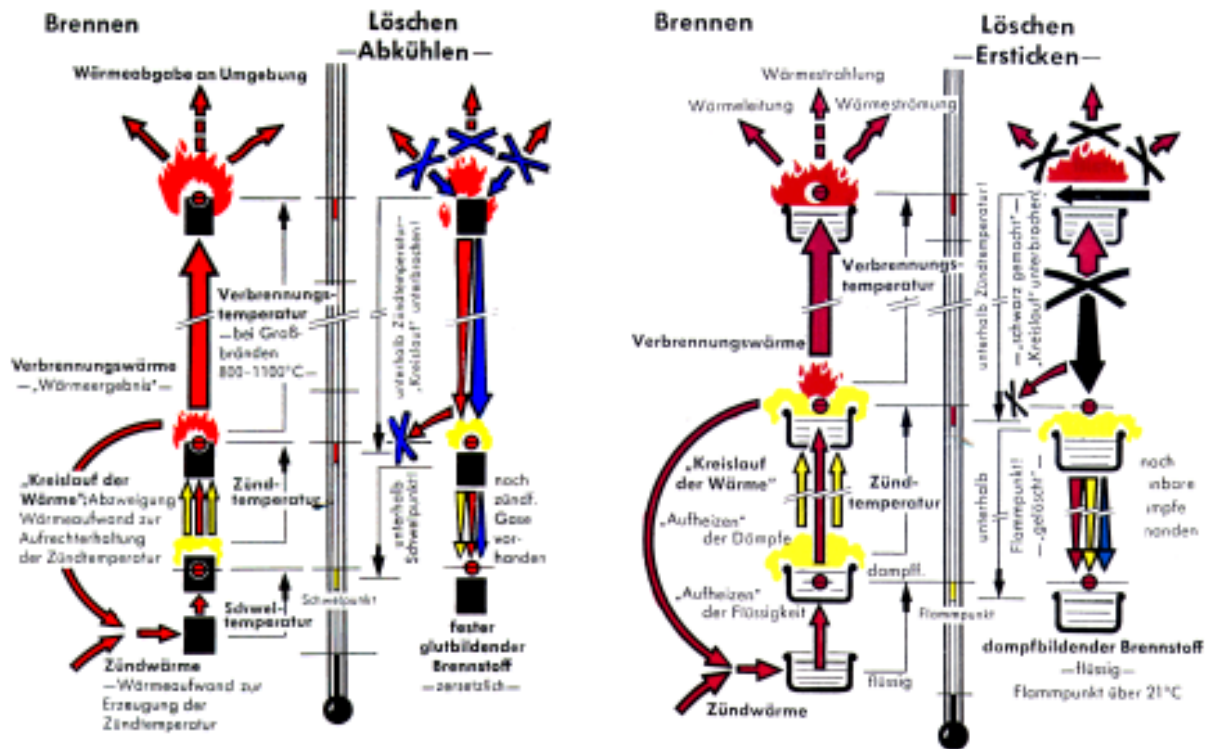
## „Verbrennungsschema“



O = Wärmezustände (Temperaturen) bis zur Zündung, ausgedrückt durch Temperaturpunkte.

■ = Regelhaft; schnelle Verbrennung.

X = bei brennbaren Flüssigkeiten, Gef. KL A.I, in der Regel Zufuhr von Verdampfungswärme nicht erforderlich!



## "Wärmeweg"

Der Verbrennungsvorgang (jeweils linke Hälfte) und der Löschvorgang (jeweils rechte Hälfte), betrachtet von der Wärme her am Beispiel fester, glühbildender und dampfbildender Brennstoffe (Sauerstoff nicht dargestellt!).