

# 1 Verbrennen

Allgemein gesprochen wird das Verbrennen als ein chemischer Vorgang bezeichnet, bei dem sich Stoffe mit Sauerstoff verbinden und Wärme freigesetzt wird.

Die DIN 14011 beschreibt in Teil 1 den Vorgang des Verbrennens – auch als Brennen bezeichnet – wie folgt: »Brennen ist eine selbstständig ablaufende exotherme (wärmeabgebende) Reaktion zwischen einem brennbaren Stoff und Sauerstoff oder Luft. Das Brennen ist durch Flamme oder Glut gekennzeichnet.«.

Die naturwissenschaftliche Fachliteratur wie beispielsweise »Grundlagen der allgemeinen und anorganischen Chemie« von Dr. Rudolf Christen beschreibt den Verbrennungsvorgang als eine Redox-Reaktion (Reduktions-Oxidations-Reaktion), die unter Energiefreisetzung in Form von Wärme und Licht (also exotherm) abläuft. Der Oxidationsvorgang wird dabei als schnelle Umsetzung eines Materials (Reduktionsmittel) mit Sauerstoff (Oxidationsmittel) mit Flammenerscheinung verstanden, wobei auch andere Stoffe als Sauerstoff das Oxidationsmittel darstellen können. Ohne auf chemische und physikalische Grundlagen weiter eingehen zu wollen, wird schon aus den vorherigen Beschreibungen deutlich, dass bestimmte Voraussetzungen erfüllt sein müssen, damit eine Verbrennung überhaupt stattfinden kann. Auf der stofflichen (materiellen) Seite

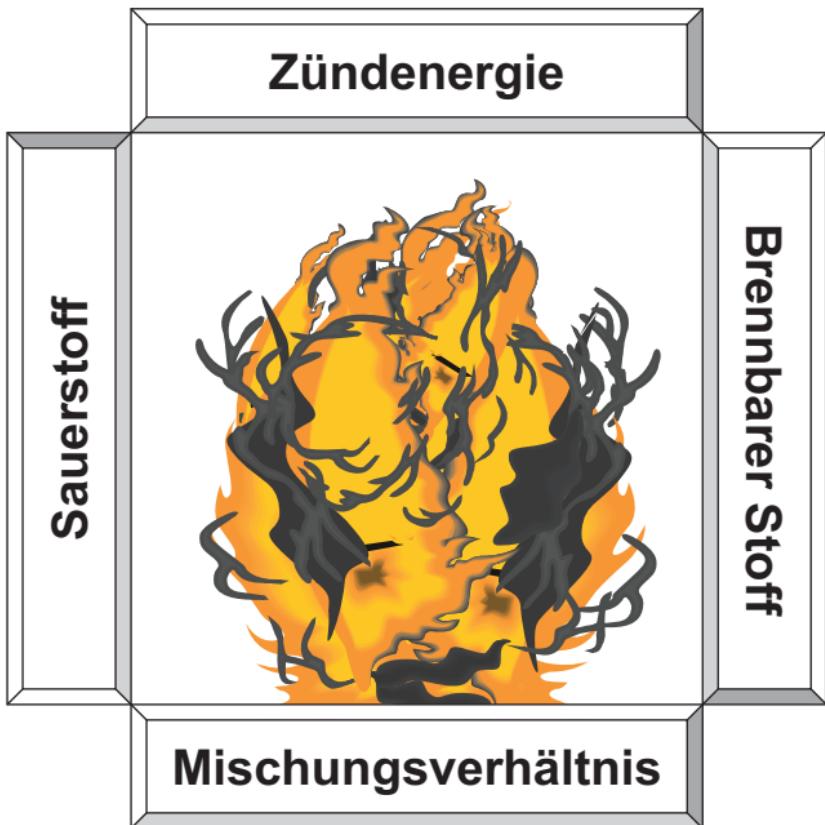
- muss zum einen ein **brennbarer Stoff** in einer für die Verbrennung geeigneten Form vorliegen;

- muss zum anderen genügend **Sauerstoff** vorhanden sein und dieser muss Zugang zum brennbaren Stoff haben;
- müssen brennbarer Stoff und Sauerstoff in einem günstigen **Mischungsverhältnis** bzw. **Mengenverhältnis** zueinanderstehen, damit sie überhaupt reagieren können.

Sind alle stofflichen Voraussetzungen gegeben, fehlt immer noch die energetische Seite, damit der Verbrennungsvorgang überhaupt startet und in der Folge selbstständig weiterbrennt.  
Somit

- muss als letzte Voraussetzung für den Verbrennungsvorgang den stofflichen Voraussetzungen eine gewisse Menge **Zündenergie** zugeführt werden.

Im Folgenden wird auf die einzelnen Voraussetzungen näher eingegangen und die mit dem Verbrennungsvorgang verbundenen Begrifflichkeiten und Kennzahlen herausgearbeitet.



**Bild 1:** Die vier Voraussetzungen für eine Verbrennung (Quelle: Roy Bergdoll)

## 2 Voraussetzung »Brennbarer Stoff«

### 2.1 Allgemeine Grundlagen

Als erste Bedingung, die für den Verbrennungsvorgang notwendig ist, sollen die »Brennbaren Stoffe« beleuchtet werden. Unter brennbaren Stoffen versteht man alle gasförmigen Stoffe sowie feste und flüssige Stoffe in ihren unterschiedlichen Erscheinungsformen wie Dämpfe, Stäube und Nebel, die beim Vorhandensein von Sauerstoff und einer ausreichenden Zündenergie brennen. Betrachtet man das Einsatzgeschehen der Feuerwehr, so könnte man die brennbaren Stoffe in folgende drei Gruppen einteilen.

1. Brennbare Stoffe, die Kohlenstoff enthalten. Diese Gruppe macht wohl knapp 100 % der Brandeinsätze der Feuerwehr aus. Handelt es sich doch hierbei um Stoffe wie Holz, Heu, Stroh, Papier und Kunststoffe, die fast immer in irgendeiner Form an Bränden beteiligt sind und welche die typische Rußbildung beim Verbrennen hervorrufen. Weitere Vertreter dieser Gruppe sind Kraftstoffe, Mineralöle, Stadt- und Erdgas, Propan oder Acetylen.
2. Metalle wie Eisen, Magnesium oder Aluminium, die vor allem in zerkleinerten Formen als Granulat, Späne oder Pulver leicht zum Brennen gebracht werden können.
3. Bleiben noch Stoffe wie Schwefel, Phosphor, einige Alkali- und Erdalkalimetalle wie Natrium oder Calcium

sowie deren Legierungen übrig, die im Brandeinsatz eine eher untergeordnete Rolle spielen.

Es gibt weitere Unterscheidungsmerkmale wie chemische Zusammensetzung, Temperaturklassen (Einteilung brennbarer Stoffe nach deren Zündtemperatur), Brennbarkeitsgruppen (leicht-, normal- und schwerbrennbare Stoffe) oder die Gefahrklassen bei brennbaren Flüssigkeiten bzw. Explosionsgruppen bei brennbaren Gasen, die zu einer Klassifizierung der brennbaren Stoffe herangezogen werden können. Letztendlich hat sich die Gruppeneinteilung nach gleichartigem Brandverhalten bewährt – die Einteilung in sogenannten Brandklassen.

## 2.2 Brandklassen



### Brandklasse A – feste brennbare Stoffe

Definition der Brandklasse A nach DIN EN 2: Brände fester Stoffe, hauptsächlich organischer Natur, die normalerweise unter Glutbildung verbrennen.

Hauptbestandteil organisch aufgebauter Materie ist das Element Kohlenstoff in Kombination mit Wasserstoff (die so genannten Kohlenwasserstoffverbindungen) sowie Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel und/oder Phosphor. Organische Stoffe sind entweder natürlichen Ursprungs und entstammen dem Pflanzenwachstum oder es handelt sich um synthetisch hergestellte Stoffe wie eine Vielzahl von Kunststoffen. Da Kunststoffe in der Regel aus Erdölderivaten hergestellt werden, sind sie im weitesten Sinne auch organische Stoffe, die vom Pflanzenwachstum herrühren.

Typisch für Stoffe der Brandklasse A ist das Verbrennen mit **Flammenerscheinung** und **Glutbildung**. Erhitzt man einen brennbaren festen Stoff, so treten zunächst leichtflüchtige, später auch schwerer flüchtige Gase, die **Pyrolysegase** aus, die für die Flammenbildung verantwortlich sind. Die Glutbildung wird dann durch den nichtflüchtigen festen Kohlenstoffanteil hervorgerufen. Ein weiteres typisches Merkmal beim Verbrennen von Stoffen der Brandklasse A ist die **Rußbildung** und die damit einhergehende Brandparallelerscheinung Rauch.

Während bei der vollständigen Verbrennung einer reinen Kohlenwasserstoffverbindung nur die unsichtbaren Verbrennungsprodukte Kohlenstoffdioxid und Wasser gebildet werden, entstehen bei einem Brandereignis, das die Feuerwehr normalerweise in Form eines Schadenfeuers auf den Plan ruft, zusätzlich noch das giftige Kohlenstoffmonoxid, weitere Schwelgase, Aerosole und sichtbarer Rauch. Die schwarzen Ruß- und Holzkohleteile sowie Flugasche, der weiße Wasserdampf und die gelbgrün bis braun gefärbten Schwelgase bestimmen die Farbe des Rauchs. Neben der Farbe können das Rauchvolumen, die Rauchdichte und die Geschwindigkeit bzw. der Druck, mit der Rauch aus einer Öffnung gedrückt wird, wichtige Hinweise auf das Brandereignis geben und damit Rückschlüsse auf die Entwicklung des Brandes gezogen werden – man kann quasi »aus dem Rauch lesen«. Welche Gefahren im Feuerwehreinsatz von Pyrolysegasen ausgehen und welche Hinweise der Brandrauch auf den Verbrennungsvorgang gibt, wird im Kapitel 6 »Brandverläufe am Beispiel eines Zimmerbrandes« näher beschrieben.



**Bild 2:** Feste brennbare Stoffe verbrennen mit Flammenerscheinung und Glutbildung sowie Rußbildung

Eine besondere Gefahr geht von brennbaren festen Stoffen aus, die in feinstverteilter Form vorliegen, den Stäuben. Zu nennen sind hier die klassischen organischen Stäube aus Holz oder Kohle sowie den daraus abgeleiteten Nahrungsmittelstäuben aus Mehl und Zucker. Es sind aber auch Stäube von Schwefel, Hartgummi, Erzen, Kunststoffen, Arzneimitteln oder Farbstoffen anzuführen. In der Luft bilden diese Stäube explosionsfähige Atmosphären, die sich ähnlich wie Dampf- oder Gas-Luft-Gemische verhalten und unterschiedliche Abbrandverhalten aufweisen. Die für die Feuerwehr relevanten Kennzahlen bzw. Begrifflichkeiten im großen Umfeld des Begriffs

der Explosion sind im Kapitel 5 »Voraussetzung Mengenverhältnis« näher erläutert.



**Bild 3:** Der Rauchaustritt bei einem Schadfeuer lässt Rückschlüsse auf das Brandgeschehen zu.



### Brandklasse B – flüssige brennbare Stoffe

Definition der Brandklasse B nach DIN EN 2: Brände von flüssigen oder flüssig werdenden Stoffen.

Eigentlich ist diese Definition nicht ganz richtig, denn es brennen nicht die Flüssigkeiten selbst, sondern die sich aus der Flüssigkeit heraus entwickelnden Dämpfe. Ein Faktum, das

## 2.2

## Brandklassen

---

beim Löschen von brennbaren Flüssigkeiten eine wichtige Rolle spielt (siehe Kapitel 8 »Löschenmittel«). Je nachdem, um welche Flüssigkeit es sich handelt, entwickeln sich abhängig von Umgebungstemperatur und Umgebungsdruck mehr oder weniger zündfähige Dämpfe. Ein typisches Merkmal für Stoffe der Brandklasse B ist, dass sie nur unter Flammenerscheinung brennen. Je nach Unvollständigkeit der Verbrennung ist aber auch hier eine Rußbildung die Regel, vor allem wenn es sich um größere (längere) Kohlenwasserstoffverbindungen handelt. Die komplexen Kohlenwasserstoffverbindungen Benzin oder Diesel verbrennen mit einer deutlichen Ruß- und Rauchentwicklung, ebenso Wachs. Brennspiritus bzw. Ethanol oder Methanol hingegen rauchen fast überhaupt nicht.



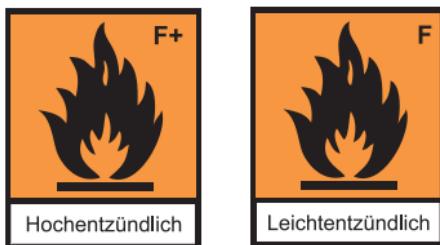
**Bild 4:** *Brennbare Flüssigkeiten verbrennen normalerweise nur unter Flammenerscheinung, bei unvollständigen Verbrennungen tritt auch eine Rußbildung auf. (Quelle: Roy Bergdall)*

Eine differenzierte Einteilung brennbarer Flüssigkeiten erfolgt in der Regel nach deren Flammpunkt (wie der Flammpunkt definiert ist, ist im Folgenden angeführt). Bis 2003 erfolgte die Einteilung nach der »Verordnung über brennbare Flüssigkeiten«

(VbF). Unterschieden wurde dabei zwischen nicht wasserlöslichen (unpolaren) brennbaren Flüssigkeiten (Gefahrklasse A) und bei 15 °C wasserlöslichen (polaren) brennbaren Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt unter 21 °C (Gefahrklasse B). Die Gefahrklasse A war, abhängig von den Flammpunkten, nochmals in die drei Untergruppen AI bis AIII unterteilt.

Derzeit erfolgt die Klassifizierung nach europäischem Gefahrstoffrecht wie folgt:

- hochentzündliche Flüssigkeiten (F+) mit einem Flammpunkt unter 0 °C und Siedebeginn kleiner 35 °C,
- leichtentzündliche Flüssigkeiten (F) mit einem Flammpunkt von 0 °C bis 21 °C,
- entzündliche Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt von 21 °C bis 55 °C.



**Bild 5:** Kennzeichnung brennbarer Flüssigkeiten nach der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) (Quelle: Roy Bergdoll)

Die GHS-Verordnung (Globally Harmonised System of Classification and Labelling of Chemicals) klassifiziert noch etwas genauer, was aber für den Feuerwehreinsatz keinen Unterschied macht.