

Quelle: <https://www.arbeitssicherheit.de//document/00f27a4a-3b9c-374a-b126-aeeba1934c4c>

<b>Bibliografie</b>	
<b>Titel</b>	Praxishandbuch Brandschutz
<b>Herausgeber</b>	Scheuermann
<b>Auflage</b>	2016
<b>Abschnitt</b>	2 Grundlagen des Brand- und Explosionsschutzes → 2.4 Brand- und Löschlehre
<b>Autor</b>	Scheuermann
<b>Verlag</b>	Carl Heymanns Verlag

## 2.4.6 Allgemeine Schemen des Entzündungs- und Verbrennungsablaufes

Um einen Stoff zu entzünden, muss eine bestimmte Fremdenergie, die Mindestzündenergie, aufgebracht werden. Das Brennen selbst ist danach aber nur möglich, wenn so viel Reaktionsenergie bzw. Verbrennungswärme frei wird, dass diese die erforderliche Fremdenergie ersetzen kann und selbst immer weiter neue Brandstoffteilchen entzündet. Die durch das Entzünden erreichte Verbrennungswärme muss also nunmehr selbst in der Lage sein, den Brennvorgang ohne Fremdenergie aufrechtzuerhalten. Man kann somit für die brennbaren Stoffe von einem sogenannten Wärmekreislauf sprechen.

Bei den nach DIN 4102 »Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen -Teil 1: Baustoffe; Begriffe, Anforderungen und Prüfungen« als schwer entflammbar gekennzeichneten Stoffen ergibt sich dagegen ein solcher Wärmekreislauf nicht, weil dabei die Reaktionsenergie, die Verbrennungsenergie, als Ersatz für die Fremdenergie zur Aufrechterhaltung der Verbrennung nicht ausreicht. Die Fremdenergie, die erforderlich ist, um feste, flüssige oder gasförmige Stoffe zu entzünden, nimmt vom festen zum gasförmigen Aggregatzustand hin ab. Zur Entzündung flüssiger und fester Stoffe ist also eine höhere Fremdenergie erforderlich als zur Entzündung gasförmiger Stoffe. Gasförmige Stoffe brauchen nämlich nur auf ihre Zündtemperatur erwärmt zu werden. Durch das Erreichen der Zündtemperatur wird die schnelle Oxidation eingeleitet. Damit wird eine erhöhte Reaktionsenergie (Verbrennungswärme) freigesetzt. Die Zufuhr von Fremdenergie muss jedoch noch so lange aufrechterhalten bleiben, bis die Mindestverbrennungstemperatur erreicht ist. Erst nach dem Erreichen der Mindestverbrennungstemperatur liegt die Oxidationsgeschwindigkeit vor, bei der die Reaktionsenergie ausreicht, um die Verbrennung selbstständig, ohne Energiezufuhr von außen, also ohne Fremdenergie, aufrechtzuerhalten. Zum ständigen Weiterbrennen der Flamme ist teilweise eine Temperatur erforderlich, die mehrere hundert Grad über der erforderlichen Zündtemperatur liegt (s. Tabelle 1).

Tab. 1: Zündtemperatur, Mindestverbrennungstemperatur und Brandtemperatur

Stoff	Zündtemperatur °C	Mindestverbrennungstemperatur °C	Brandtemperatur °C	
	mit Luft		in reinem O <sub>2</sub>	
Propan	460	1.200	1.925	2.850
Acetylen	305	950	2.325	3.135

Stoff	Zündtemperatur °C	Mindestverbrennungstemperatur °C	Brandtemperatur °C	
Wasserstoff	560	630	2.045	2.660

2.4.6 Allgemeine Schemen des Entzündungs- und Verbrennungsablaufes  
– Seite 2 –  
01.04.2010  
[>>](#)

Die Mindestverbrennungstemperatur spielt insbesondere beim Löschen eine große Rolle. So hat auch bei Flammenbränden der Kühleffekt eine starke Wirkung. Die Reaktion muss nämlich nur bis unter die Mindestverbrennungstemperatur und nicht bis unter die viel niedrigere Zündtemperatur abgekühlt werden. Ein derartiger Kühleffekt wird beispielsweise mit Hilfe von Wassernebel und Löschpulver erreicht. Aber auch beim Explosionsschutz macht man sich dieses Wissen durch den Einsatz von Davy-Sieben, Kiestöpfen, Gesteinstaubsperrern und engen Spalten zunutze.

Die Oxidationsgeschwindigkeit der nun selbstständig ablaufenden Reaktion steigt nun so weit an, bis sich ein Gleichgewicht aus der frei werdenden Verbrennungswärme, der erforderlichen Zündenergie und den Wärmeverlusten an die Umgebung einstellt. Dieser Gleichgewichtszustand ergibt sich, wenn die Brandtemperatur erreicht ist. Bei der Verbrennung von Gasen und Dämpfen, aber auch von Aerosolen, ergeben sich besonders hohe Verbrennungsgeschwindigkeiten, wenn vor der Entzündung und der Verbrennung eine gute Vermischung mit dem Sauerstoff erfolgen konnte. Nach der Flammengeschwindigkeit und den sich daraus ergebenden Wirkungen auf die Umwelt lassen sich die in Tabelle 2 aufgeführten Unterschiede feststellen.

Tab. 2: Flammengeschwindigkeit und Wirkungen auf die Umwelt

Reaktion	Flammengeschwindigkeit	Beispiele	Wirkungen
Verpuffung	unterhalb der Schallgeschwindigkeit	Gemische in der Nähe der Explosionsgrenzen	weiche Stichflammen, Druckanstieg < 1 bar
Explosion	Schallgeschwindigkeit	günstiges Mengenverhältnis	harte, weitreichende Stichflammen, Druckanstieg 7-10 bar
Detonation	oberhalb der Schallgeschwindigkeit	vorverdichtete Gemische, Gemische mit reinem O <sub>2</sub> , Sprengstoff	Druckanstieg > 10 bar bis > 200.000 bar

### 2.4.6.1 Zündung eines explosionsfähigen Gemisches

Unter dem Oberbegriff Explosion wird eine sehr schnell ablaufende chemische Reaktion verstanden, bei der große Gas- und Wärmemengen freigesetzt werden. In Abhängigkeit von der Ausbreitungsgeschwindigkeit spricht man von Verpuffung, Explosion und Detonation. Durch die schlagartige Ausdehnung der erwärmten Gase wird eine Druckwelle erzeugt. Ein mehr oder weniger heftiger Knall und Zerstörungen sind die Begleiterscheinungen. Die Energiefreisetzung steigt proportional mit der Verbrennungsgeschwindigkeit.

2.4.6 Allgemeine Schemen des Entzündungs- und Verbrennungsablaufes – Seite 3 – 01.04.2010 [<<](#) [>>](#)

Gleichzeitig kommt es zu einem steilen und starken Druckanstieg. Bei der Zündung eines explosionsfähigen Gemisches bildet sich eine Flammenfront aus, die sich vom Zündort aus radial durch das Gemisch ausbreitet. Die fortlaufende Zündung des Gemisches erfolgt bei niedrigen Ausbreitungsgeschwindigkeiten unterhalb der Schallgeschwindigkeit durch Wärmeübertragung aus der Reaktionszone auf benachbarte Teilchen. Der Druckanstieg kann so groß werden, dass durch die Druckwelle noch nicht gezündete Nachbarbereiche stark komprimiert werden. Die entstehende Kompressionswärme führt zu einer fortlaufenden Zündung. Die

Flammengeschwindigkeit liegt dabei über Schallgeschwindigkeit. Wird die Explosion durch die geschilderte Wärmeübertragung (adiabatische Kompression) unterhalten, so ist dieses der Zustand einer Detonation.

2.4.6 Allgemeine Schemen des Entzündungs- und Verbrennungsablaufes – Seite 4 – 01.04.2010 <<

Bearbeitungsdatum: Dezember 2016