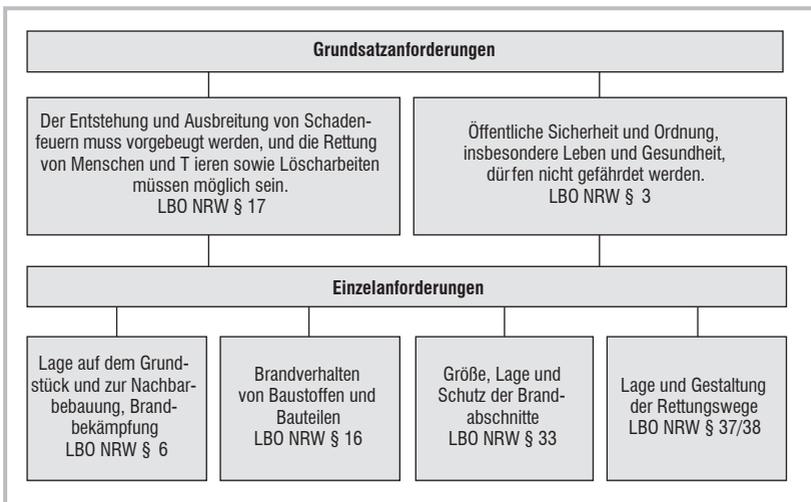


# 1 Einleitung

Ziel einer jeden Baumaßnahme muss es sein, dass von ihr keine Gefährdung, gleich welcher Art, ausgeht. Dabei spielt die Brandgefährdung seit jeher eine große Rolle. Beleg dafür sind die überlieferten Brandkatastrophen, die ganze Städte in Schutt und Asche gelegt haben. Die daraus gewonnenen Erfahrungen haben sich im Laufe der Zeit in den technischen Regeln und dem Baurecht niedergeschlagen.

## 1.1 Forderungen an den Brandschutz

Die Grundsatzanforderungen, wie sie im Baurecht niedergelegt sind, zeigt **Bild 1.1**. Die hier gestellten Anforderungen lassen sich nur durch fundierte Kenntnisse der Brandentstehung und der daraus abzuleitenden Folgen sicher beherrschen.

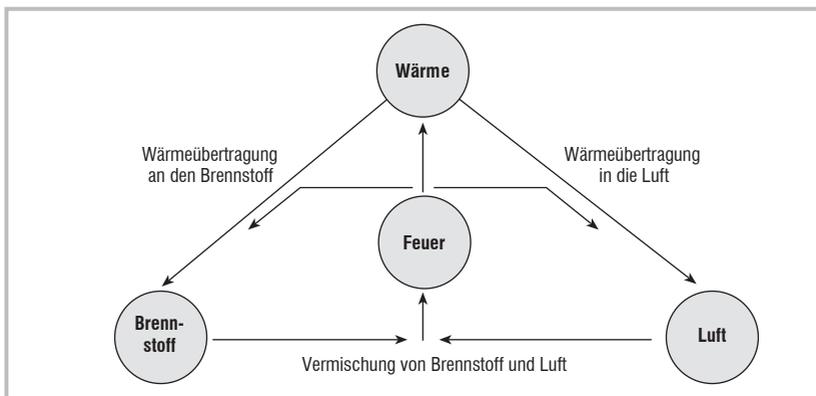


**Bild 1.1** Forderungen aus dem baulichen Brandschutz am Beispiel der Landesbauordnung Nordrhein-Westfalen

## 1.2 Das Wesen eines Feuers

Die Frage, warum es brennt, kann mit dem Feuerdreieck (**Bild 1.2**) recht einprägsam erläutert werden. So sind zur Entfaltung eines richtigen Feuers drei Elemente notwendig: Zum einen ist ein *Brennstoff* erforderlich, der unter den vorherrschenden Bedingungen brennt. Dafür muss eine bestimmte *Wärmemenge* vorhanden sein. Ist diese Wärmemenge nicht vorhanden, brennt der Brennstoff nicht. Ein einfaches Beispiel dafür ist Öl. Jeder Versuch, kaltes Öl zu entzünden, scheitert. Erst wenn der Brennstoff Öl eine für ihn ausreichende Temperatur angenommen hat, beginnt er, wenn ausreichend *Luft* (hier ist der in der Luft enthaltene *Sauerstoff* gemeint) vorhanden ist, zu brennen. Die Notwendigkeit von hinreichendem Sauerstoff zur Verbrennung lässt sich einfach mit der Kerze im Glas nachweisen. Wird ein Glas, in dem eine Kerze brennt, verschlossen, so dass keine Luft mehr einströmen kann, verlöscht die Kerze, obgleich noch eine ausreichende Temperatur zum Weiterbrennen vorhanden ist.

Aus dem Bild ist auch das Weiterbestehen eines Feuers erklärbar. Durch das Feuer entsteht Wärme, die durch eine Wärmeübertragung zum Brennstoff – durch Wärmeleitung oder durch Wärmestrahlung – dafür sorgt, dass der Brennstoff auf der für ihn zum Brennen notwendigen Temperatur, oberhalb der *Zündtemperatur*, gehalten wird. Das kann dazu führen, dass ein Entzünden des Brennstoffs ohne Flammeinwirkung stattfindet. Zum einen kann ein Feuer bei ausreichendem Brennstoff und Luftangebot durch die Temperatureinwirkung einer Flamme entstehen und weiter brennen. Zum anderen lässt sich ein Feuer allein durch Temperaturerhöhung auf den



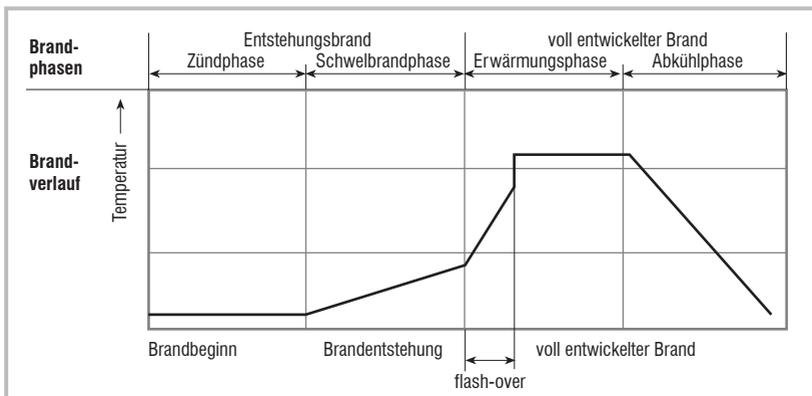
**Bild 1.2** Feuerdreieck

*Flammpunkt* des Brennstoffs entzünden und unter ausreichender Brennstoff- und Luft(Sauerstoff)zufuhr aufrechterhalten. Die meisten Brennstoffe entwickeln im Temperaturbereich von 400 °C bis 1000 °C brennbare Gase, die aus dem Brennstoff ausströmen und sich in der Umgebung verteilen. Bei ausreichender Konzentration und bei einem ausreichenden Sauerstoffangebot entzünden sich diese Gase. Das hat zur Folge, dass es zu einer weiteren Brandausdehnung kommen kann.

Ein Brand kann nur gelöscht werden, wenn das Feuerdreieck aufgebrochen wird. Dies geschieht entweder durch Abkühlen der Brandstelle, durch Entziehen von Sauerstoff oder durch Entfernen des Brennstoffs. Alle vorbeugenden Maßnahmen zur Verhinderung eines Brandes zielen darauf, dass entweder kein Brennstoff zur Verfügung steht, oder dass eine Wärmeübertragung auf vorhandene Brennstoffe unterbunden wird. Diese Maßnahmen erfordern bestimmte technische Mittel, die in Verordnungen festgelegt sind. Dabei darf man jedoch nicht über das Ziel hinausschießen und unangemessen hohe Kosten verursachen.

## 1.3 Entstehung eines Feuers

Wird der Brandverlauf in **Bild 1.3** genauer betrachtet, so zeigt sich, dass einer Brandentstehung zunächst eine *Zündphase* vorausgeht. Während dieser Zündphase werden von einer Zündquelle die umliegenden Werkstoffe entzündet. Dazu ist eine bestimmte Temperatur erforderlich, die von dem zu entzündenden Material abhängt. Diese kann z.B. dadurch aufgebracht



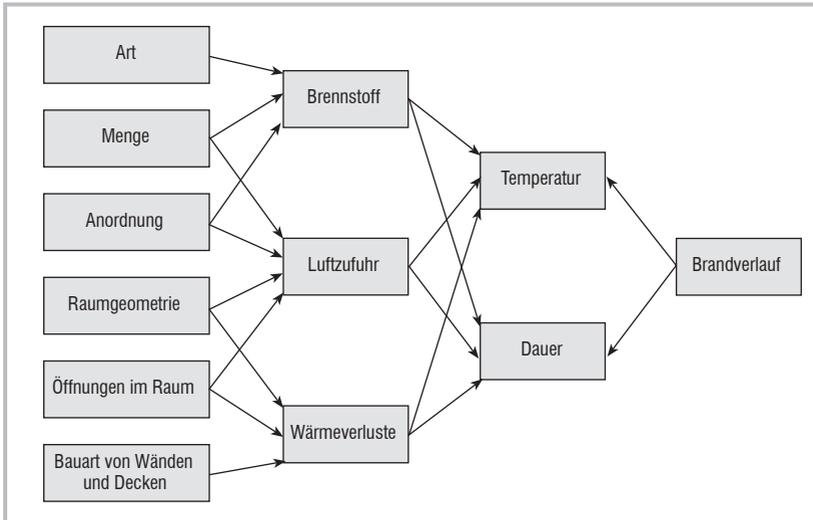
**Bild 1.3** Brandverlauf

werden, dass eine heiße Schweißperle oder eine glühende Zigarettenkippe auf einen Werkstoff fällt, dessen Zündtemperatur unter der Temperatur der Zündquelle liegt. Die Folge ist ein *Schwelbrand*. Dieser führt in der Umgebung zu einer Temperaturerhöhung und somit zur weiteren Entzündung von umliegenden Brennstoffen. Diese Temperaturerhöhung geht so lange weiter, bis alle im Brandraum befindlichen Brennstoffe über ihre Zündtemperatur erwärmt wurden. Danach stehen alle Brennstoffe in Flammen. Nach diesem als *flash-over* bezeichneten Zustand steigt die Temperatur im Brandraum weiter bis auf ca. 1.000 °C. Nachdem die Maximaltemperatur erreicht ist, beginnt die Temperatur durch das Verringern des Brennmaterials zu sinken. Die *Abkühlphase* tritt ein. Sie ist beendet, wenn das gesamte brennbare Material verbrannt ist. Beendet werden kann diese Phase auch durch Entzug von Sauerstoff oder durch Abkühlung im Rahmen von Löschmaßnahmen.

Die Bedingungen, die zu einem voll entwickelten Brand führen und dessen Intensität beeinflussen, sind umfangreich. Ebenso sind die Längen der einzelnen Phasen, die den Brandverlauf kennzeichnen, von einer Reihe von Faktoren abhängig, die im Folgenden aufgezeigt werden.

## 1.4 Einflüsse auf den Brandverlauf

Einer der wichtigsten Faktoren ist die *Entflammbarkeit* des Brennstoffs. In Verbindung mit der Brandtemperatur hat sie wesentlichen Einfluss auf die Zeit zwischen Zündphase und Schwelbrandphase. Auch die *Menge des Stoffs* ist ein wichtiger Faktor. Nach dem flash-over ist die Dauer des Brandes nahezu ausschließlich von der Brennstoffmenge abhängig. Dabei spielt nur noch die *Sauerstoffzufuhr* eine Rolle. Die Zufuhr von Sauerstoff beschleunigt die Temperaturerhöhung während der Brandphase. Dadurch wird der Brennstoff schneller umgesetzt, und eine Beschleunigung der Brennstoffvernichtung mit einem beschleunigten Brandende ist die Folge. Bei geringer Sauerstoffzufuhr kann die Verbrennungsgeschwindigkeit dagegen zurückgehen, so dass ein Schwelbrand entsteht. Dieser kann aber nach erneuter Sauerstoffzufuhr in einen neuen flash-over übergehen, z. B. wenn durch unkontrolliertes Öffnen von Fenstern oder Türen Zugluft im Brandraum entsteht und damit ein Luftaustausch stattfindet. Diese Gefahr ist bei ausreichendem Restbrennstoff sehr groß und für die an den Löscharbeiten Beteiligten bedrohlich. Eine Zusammenfassung der Faktoren zeigt **Bild 1.4**.



**Bild 1.4** Einflüsse auf den Brandverlauf

Weitere Abhängigkeiten bestehen in der Anordnung der brennbaren Werkstoffe. Liegen diese gehäuft in einem Raum, so kann ein Brand nicht die gesamte Schichtung durchdringen. Liegen die Brennstoffe jedoch fein verteilt vor, so ist die Gefahr der gleichzeitigen Entzündung der gesamten Masse recht groß. Dabei spielt auch die geometrische Anordnung im Raum eine wesentliche Rolle. Die Luftzufuhr, die sich aus der Anordnung der Brennstoffe im Raum ergibt, ist ausschlaggebend für die Beschleunigung des Brandes. Öffnungen im Raum, durch die frische Luft eindringen kann, haben deshalb einen großen Einfluss auf das Brandgeschehen. Allerdings können durch Öffnungen in der Decke des Brandraumes die heißen Brandgase abgeführt werden, sodass die Brandraumtemperatur sinkt. Die Bauart der Wände und Decken führt im Brandfall zu einer Wärmeableitung oder, wenn es sich um brennbare Bauteile handelt, zu einer Vergrößerung der Brennstoffmenge und somit zu einer Verstärkung des Brandes.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Brandverlauf, der durch Temperatur und Dauer gekennzeichnet ist, abhängig ist von der Menge der Brennstoffe, die zur Verbrennung zur Verfügung stehen, von der Luftzufuhr zum Brandherd und von den Wärmeverlusten am Brandort. Für den Bauausführenden ist jedoch ausschließlich der Faktor Brennstoff durch die Materialauswahl wählbar. Deshalb wird im Folgenden auf das Brandverhalten einiger in der Elektrotechnik wichtiger Werkstoffe eingegangen.

## 1.5 Brandverhalten von Kabeln und Leitungen

Das Brandverhalten von Kabeln und Leitungen hängt grundsätzlich von den verwendeten Isoliermaterialien ab. Es kann vom Hersteller durch die Kombination verschiedener Werkstoffe gesteuert werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, das Brandverhalten durch die Konstruktion der Kabel zu beeinflussen.

Der Begriff des halogenfreien Kabels wird in diesem Zusammenhang oft fälschlicherweise genannt. Festzustellen ist, dass die Halogenfreiheit der Brandgase keine Rückschlüsse auf das Brandverhalten der Kabel und Leitungen zulässt.

Nachfolgend sollen einige Begriffe erläutert werden, mit denen das Brandverhalten von Werkstoffen beschrieben werden kann.

### 1.5.1 Leicht brennbar

Ein Werkstoff ist *leicht brennbar*, wenn er durch eine Zündflamme in Brand gesetzt werden kann, danach allein weiterbrennt und selbstständig nicht verlöscht. Kabel und Leitungen dieser Bauart können Brände sowohl in einzelner Verlegung als auch als Kabelbündel weiterleiten.

### 1.5.2 Flammwidrig

Ein Werkstoff ist *flammwidrig*, wenn er durch eine Zündflamme in Brand gesetzt werden kann, jedoch nur so lange weiterbrennt, wie die Zündflamme auch vorhanden ist. Nach Entfernen der Zündflamme erlischt das Material schnell von selbst.

Folgende Werkstoffe stehen beispielhaft für die flammwidrige Isolierung von Kabeln und Leitungen:

- PCV,
- Polychlorophen,
- ummantelte Gummischlauchleitungen.

Einzelkabel mit dieser Isolierung tragen einen Brand nicht weiter, bei Bündeln besteht jedoch die Gefahr der Brandweiterleitung.

### 1.5.3 Flammbeständig

Ein Werkstoff ist *flammbeständig*, wenn er durch eine Zündflamme in Brand gesetzt werden kann, jedoch nach Entfernen der Zündflamme nicht

wesentlich über den entflammten Bereich hinaus weiterbrennt und danach schnell verlischt.

Die Isolierwerkstoffe von Kabeln und Leitungen mit *Funktionserhalt* sind in der Regel schwer entflammbar oder mit Flammenschutzmitteln versetzt. Ein Weiterbrennen von Einzelkabeln, wie auch von Kabelbündeln, ist nicht zu befürchten.

#### 1.5.4 Feuerbeständig

Ein Werkstoff ist *feuerbeständig*, wenn er durch eine Zündflamme über eine bestimmte Zeit nicht in Brand gesetzt werden kann. Nach DIN 4102 wird die Feuerbeständigkeit in einem genau festgelegten Prüfverfahren ermittelt. Für Kabel wird dieser Test nach Teil 12 durchgeführt. Dem entgegen steht die Beurteilung der Kabel in Bezug auf das Brandverhalten nach DIN VDE 0472-814:1991-01; VDE 0472-814:1991-01. Hier werden das Verhalten im Brandfall, die dabei auftretenden Brandgase sowie der Rauch beurteilt. Die Isolationsfähigkeit bei einem Brand gibt jedoch keine hinreichende Auskunft über den tatsächlichen Funktionserhalt in einem Brandfall. Hierzu sollten die Umgebungsbedingungen, wie Verlegeart, mechanische Belastung und der Einsatz von Löschmitteln, berücksichtigt werden.

Die Feuerbeständigkeit wird durch den Aufbau der Kabel und Leitungen bestimmt. Feuerbeständig bis zu Temperaturen von 1000 °C sind die *mineralisierten Kabel*. Sie sind die einzigen, die einen Löschmitteleinsatz unbeschadet überstehen und nach einem Brand weiterbetrieben werden können, weil sie mechanisch stabil geblieben sind. Übrige Kabel, in den verschiedensten Ausführungen und Verlegesystemen, funktionieren zwar über einen definierten Zeitraum, sind jedoch nach einem Löschmitteleinsatz und nach einem Brand nicht weiterzubetreiben.

#### 1.5.5 Raucharm

Ein Werkstoff ist umso *rauchärmer*, je weniger schwarzen Rauch er bei einem Brand entwickelt. Die Prüfung der Rauchdichte erfolgt in einem Prüfverfahren nach DIN VDE 0472. Hierbei wird der entstehende Rauch durch eine optische Messstrecke geleitet und die Lichtabsorption als Maß verwendet.