



Die Entwicklung der Brandschäden in Deutschland zeigt eine stetig steigende Tendenz. Der inzwischen auf über 5 Mrd. DM pro Jahr zu beziffernde Brandschadensumfang macht deutlich, dass im Interesse der allgemeinen Sicherheit und aus volkswirtschaftlicher Vernunft dem vorbeugenden Brandschutz große Bedeutung beizumessen ist. Durch Brände entstehen zunehmend Umweltbeeinträchtigungen, weil Rauch und toxische Verbrennungsgase sowie kontaminiertes Löschwasser vor allem bei Großbränden in erheblicher Menge freigesetzt werden können. Diese schweren Brandfolgen kann ein sinnvoller und sicherer vorbeugender Brandschutz vermindern oder sogar verhindern. Dabei bildet der bauliche Brandschutz die Grundlage für einen wirkungsvollen Schutz von Personen und Sachwerten sowie der Umwelt. Mit Beton können die notwendigen Brandschutzmaßnahmen sicher, einfach und zugleich wirtschaftlich ausgeführt werden.

1 Brandschutzeigenschaften von Beton

Zur Verwirklichung eines umfassenden baulichen Brandschutzes bietet der Betonbau mit Bauteilen aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Porenbeton oder Mauersteinen aus Leichtbeton günstige technische Voraussetzungen und eine wirtschaftliche Durchführbarkeit [1, 2]. Beton ist ein typisches Beispiel für einen nichtbrennbaren Baustoff im Sinne der Brandschutznorm DIN 4102 „Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen“ (siehe Kapitel 3). Unter den im natürlichen Brand eintretenden Temperaturen

- bleibt Beton weitgehend fest,
- trägt Beton nicht zur Brandlast bei,
- leitet Beton den Brand nicht weiter,
- bildet Beton keinen Rauch,
- setzt Beton keine toxischen Gase frei [3].

Diese stofflichen Eigenschaften des Betons erlauben es dem Architekten und Konstrukteur, bei sinnvoller Planung dem Bauherrn ein gegen Brandgefahr sicheres Bauwerk zu erstellen [4]. Überdies bieten derartige Konstruktionen auch günstige Schall- und Wärmeschutzeigenschaften (siehe Kapitel 6).

2 Baurecht fordert den Brandschutz

Insgesamt zählt der Brandschutz zu den Belangen des öffentlichen Interesses. Daher sind die notwendigen baulichen Brandschutzanforderungen in den Landesbauordnungen sowie in speziellen Verordnungen und Richtlinien gesetzlich vorgeschrieben und die Einhaltung der notwendigen baulichen Maßnahmen wird bauaufsichtlich überwacht [5, 6]. Diese Regelungen resultieren aus dem gesetzlichen Auftrag, dass die öffentliche Sicherheit oder Ordnung, insbesondere Leben, Gesundheit und die natürlichen Lebensgrundlagen gewahrt sein müssen. Die Anforderungen konzentrieren sich auf Grund politischer Vorgaben zurzeit auf den Personenschutz und berücksichtigen den

Sachschutz nur insoweit, wie sich dies aus der Verpflichtung des Staates gegenüber dem Eigentum des Einzelnen und zur Wahrung der öffentlichen Sicherheit oder Ordnung ergibt. Einen umfassenden Sachschutz, wie ihn üblicherweise die Bürger für ihr Hab und Gut erwarten, müssen die jeweiligen Bauherren in Eigenverantwortung sicherstellen. Die bauaufsichtlichen Forderungen nach Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen – das bedeutet Umweltschutz – werden bei der Aufstellung der bauordnungsrechtlichen Brandschutzvorschriften in steigendem Umfang bedacht. Bild 1 gibt einen Überblick über die gesetzlich verankerten Schutzziele, die durch die Anwendung von sinnvoll aufeinander abgestimmten Brandschutzmaßnahmen erfüllt werden können.

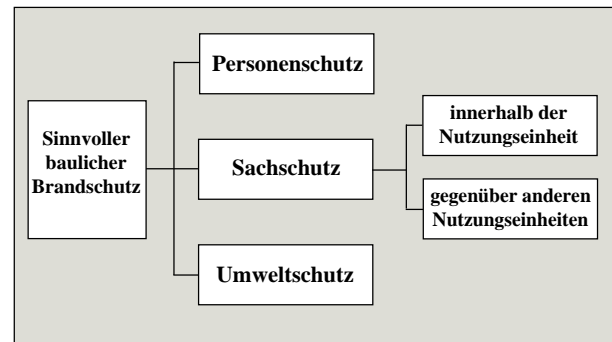
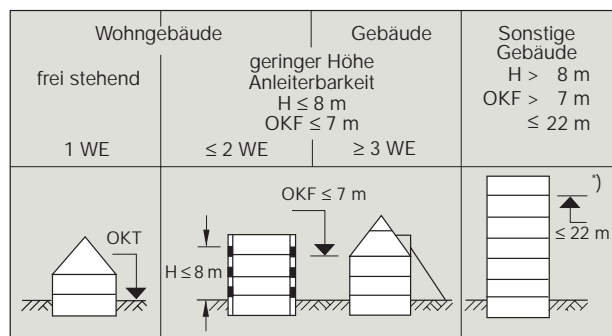


Bild 1: Wirkungen von sinnvollen baulichen Brandschutzmaßnahmen

In Abhängigkeit von den Schutzzielen stellt das Baurecht die folgenden Grundanforderungen an die Ausgestaltung der Gebäude. Sie sollen bewirken, dass

- möglichst keine Brände entstehen,
- entstandenes Feuer sich nicht ausbreitet,
- beim Brand ein Bauwerk für bestimmte Zeit tragfähig bleibt,
- Menschen gerettet werden können und die Rettungs- und Löschkräfte sicher arbeiten können,
- die Feuerwehr wirkungsvoll löschen kann.

Welche baulichen Einzelanforderungen sich aus den grundsätzlichen Forderungen ergeben, wird am Beispiel



^{*)} „Hochhäuser“, sofern ein Aufenthaltsraum mit Oberkante Fußboden > 22 m

Bild 2: Einteilung der Gebäude entsprechend den Landesbauordnungen

der Landesbauordnung von Nordrhein-Westfalen auf der Grundlage der Einteilung der Gebäude (Bild 2) und den davon abhängigen konkreten baulichen Anforderungen (Tafel 1) gezeigt. An frei stehende Einfamilienhäuser werden baurechtlich keine Brandschutzanforderungen gestellt.

Tafel 1: Zusammenstellung der wichtigsten Mindestanforderungen an den baulichen Brandschutz für Bauteile des üblichen Hochbaus nach geltendem Baurecht, gezeigt am Beispiel der Landesbauordnung von Nordrhein-Westfalen

Art des Gebäudes		Wohngebäude	Gebäude	Andere Gebäude außer Hochhäusern
		geringer Höhe (OKF ≤ 7 m) ≤ 2 WE		
Tragende Wände, Pfeiler, Stützen	Dach ¹⁾²⁾	F 30	F 30	F 90
	allgemeines	F 30	F 30	F 90-AB
	im Keller	F 30-AB	F 90-AB	F 90-AB
Nichttragende Außenwände		keine	keine	A oder F 30
Außenwand-Bekleidungen		keine	keine	B 1
		bei B 2, Maßnahmen gegen Brandausbreitung		
Gebäudeabschlusswände		F 90-AB	BW	BW
		(F 30) + (F 90) ³⁾	F 90-AB ⁴⁾	
Decken	im Dach ²⁾	F 30	F 30	F 90-AB
	allgemein	F 30	F 30	F 90-AB
	im Keller	F 30	F 90-AB	F 90-AB
Gebäudetrennwände – 40 m-Gebäudeabschnitte		F 90-AB	BW	BW
			F 90-AB ⁴⁾	
Wohnungstrennwände	im Dach	F 30	F 30	F 90
	allgemein	F 30	F 30	F 90-AB
Notwendige Treppenräume	Dach	keine	keine	keine
	Decke	keine	F 30	F 90
	Wände	keine	F 90-AB	Bauart BW
	Bekleidung	keine	A	A
Treppen	tragende Teile	keine	A	F 90-A
Notwendige Flure als Rettungswege	Wände	F 30	F 30	F 30-AB F 30-BA
	Bekleidung	keine	keine	A
Offene Gänge vor Außenwänden	Wände, Brüstungen	F 30	F 30	F 30-AB
	Bekleidung	keine	keine	A

- 1) bei giebelständigen Gebäuden, das Dach von innen in F 30-Ausführung
- 2) keine Anforderungen hinsichtlich der Feuerwiderstandsklasse, wenn darüber keine Aufenthaltsräume möglich sind
- 3) außen jeweils eine ausreichend widerstandsfähige Schicht aus nichtbrennbaren Baustoffen
- 4) nur im Falle von Wohngebäuden zulässig

Es ist die Pflicht der Planer, d.h. von Architekten, Konstrukteuren und Fachingenieuren, die gesetzlichen Brandschutzanforderungen einzuhalten. Darüber hinaus können aber vor allem im Hinblick auf einen wirkungsvollen Sachschutz beispielweise durch die Wahl einer brandsicheren Bauweise zusätzliche Schutzmaßnahmen verwirklicht werden, die den wirtschaftlichen und sachlichen Schäden vorbeugen und zu finanziellen Vorteilen bei den Gebäudeversicherungen durch die Sachversicherer führen. Über das baurechtliche Mindestmaß hinauszugehen, empfiehlt sich umso mehr, wenn der höhere Standard sogar ohne zusätzliche Kosten realisiert werden kann. Daran sollten Planer denken und den Bauherrn entsprechend aufklären. Die Sachversicherer stufen Betonbauwerke in der Regel in eine günstige Prämienklasse ein, was zu einer Vergünstigung bei den Versicherungsprämien führt [7].

3 DIN 4102 – Grundlage für den baulichen Brandschutz

Die Norm DIN 4102 „Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen“ ist die grundlegende Brandschutzvorschrift für die

Beurteilung und Anwendung der im Bauwesen verwendeten Materialien und Bauteile im Hinblick auf ihr Verhalten im Brandfall. Sie ist bauaufsichtlich eingeführt und hat Gesetzescharakter. In den verschiedenen Teilen dieser Norm werden im Wesentlichen

- die Begriffe,
- die einzuhaltenden Anforderungen und
- die Prüfverfahren

festgelegt. Die DIN 4102 wurde im Hinblick auf die zukünftige Euronormung überarbeitet. Letztlich werden an die Stelle der DIN-Normen die DIN-EN-Normen treten. Da jedoch der Abschluss dieser Arbeiten noch eine gewisse Zeit in Anspruch nehmen wird, sind derzeit die bestehenden Regelungen der DIN 4102 sowie die Verknüpfung mit der Bauordnung von Bedeutung. Für die bauausführende Praxis ist DIN 4102 Teil 4, der Katalog der klassifizierten Baustoffe und Bauteile, die maßgebliche Vorschrift. Die übrigen Normen sind im Prinzip Prüf- und Klassifizierungsnormen, die für die Baustoff- und Bauteilentwicklung von wesentlicher praktischer Bedeutung sind. Durch die Festlegung bzw. Definition der Klassen wird die brandschutztechnische Leistungsfähigkeit der Bauprodukte bestimmt.

Die Klassifizierungsbegriffe für die Baustoffe, z.B. „nicht-brennbar“ oder „normalentflammbar“, bzw. für die Bauteile, z.B. „feuerhemmend“, „feuerbeständig“, sind in den Bauordnungen und den bauaufsichtlichen Vorschriften zur Beschreibung der Anforderungen enthalten. Teilweise werden in einzelnen Bauordnungen aber auch nur noch die aus Buchstaben und Zahlen gebildeten Normbezeichnungen für die Baustoff- bzw. Bauteilklassen verwendet (siehe Tafeln 1 und 4).

3.1 Einteilung der Baustoffe

Nach DIN 4102 Teil 1 werden die Baustoffe hinsichtlich ihres Brandverhaltens entsprechend Tafel 2 klassifiziert.

Ein nach DIN 1045 hergestellter Beton ist sozusagen der Inbegriff für einen Baustoff der Klasse A 1. Das heißt, Beton ist im Sinne des Brandschutzes ein echt nichtbrennbarer Baustoff. Auch die Verwendung brennbarer Bewehrungs-Abstandshalter, z.B. aus Kunststoff, und die übliche Verwendung von Betonzusatzmitteln, die in der Regel organische Stoffe enthalten, verändern das Brandverhalten des Baustoffs Beton insgesamt nicht. Desgleichen sind Leichtbeton gemäß DIN 4219 oder Porenbeton nach DIN 4165 bzw. DIN 4223 Baustoffe der Klasse A 1. Zudem gehören die haufwerksporigen Leichtbetone, wie sie für verschiedene Beton-Mauersteine, großformatige Wandtafeln nach DIN 4232 oder Hohlblechen nach DIN 4028 verwendet werden, zur Klasse A 1.

Dagegen enthalten die bauaufsichtlich ohne Differenzierung ebenfalls als nichtbrennbar eingestuften Baustoffe der Klasse A 2, z.B. Gipskartonplatten, in der Regel zum Teil nicht unerhebliche Mengen brennbarer Bestandteile. Diese Baustoffe brennen daher in bestimmtem Grade bzw. sie verändern sich im Gefüge und in der Festigkeit und zeigen zum Teil erhebliche

Tafel 2: Einteilung der Baustoffklassen nach DIN 4102 Teil 1

Baustoffklasse	Bauaufsichtliche Benennung	Signifikante Beispiele
A A 1 A 2	nichtbrennbare Baustoffe	Beton, Mörtel, Porenbeton, Stahl Gipskartonplatten
B B 1 B 2 B 3	brennbare Baustoffe schwerentflammbare Baustoffe normalentflammbare Baustoffe leichtentflammbare Baustoffe	Holzwohle-Leichtbauplatten Holz $\rho \geq 400 \text{ kg/m}^3$, $\geq 2 \text{ mm}$ dick Papier

Brandnebenerscheinungen wie Rauchbildung. Bei der Anwendung derartiger Baustoffe sollte im Einzelfall abgeschätzt werden, welche Risiken dadurch im Brandfall eintreten können.

Zur Information sind auch für die drei Klassen der brennbaren Baustoffe B 1, B 2 und B 3 signifikante Beispiele angegeben. Holzwolle-Leichtbauplatten (B 1) können beispielsweise als brandschutztechnisch wirksame Bekleidungen eingesetzt werden, um bei hohen erforderlichen Feuerwiderstandsklassen mit kleinen Betondeckungsmaßen operieren zu können (siehe Kapitel 3.4). Leichtentflammbare Stoffe der Klasse B 3 dürfen in Bauwerken nicht eingesetzt werden.

3.2 Einteilung der Bauteile

Teil 2 von DIN 4102 regelt die Klassifizierung der Bauteile. Die Einteilung erfolgt entsprechend der in der Normbrandprüfung ermittelten Feuerwiderstandsdauer in die fünf Feuerwiderstandsklassen F 30, F 60, F 90, F 120 und F 180. Das bedeutet: Das jeweils klassifizierte Bauteil widersteht während einer Zeitspanne von mehr als 30, 60, 90, 120 oder 180 Minuten den Temperatur- und Festigkeitsbeanspruchungen des Brandversuches. In Bild 3 ist der Verlauf der Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK) dargestellt, die die Temperaturerhöhung beim Norm-Brand vorschreibt.

Bei der derzeit geltenden Bauteilklassifizierung gemäß DIN 4102 Teil 2 wird nicht nur hinsichtlich der Feuerwiderstandsklasse unterschieden, sondern es wird auch eine Einstufung nach den Baustoffklassen der wesentlichen Bestandteile des Bauteils, z.B. der tragenden oder aussteifenden Anteile, und der übrigen Bestandteile vorgenommen. Damit ergibt sich das in Tafel 3 aufgeführte Abstufungs- und Benennungssystem, gezeigt am Beispiel der Klasse F 90.

Bauteile aus Beton sind in der Regel der höchsten Stufe F ...-A zuzurechnen, da sie – von speziellen Ausnahmen abgesehen – ganz aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen.

Die in einigen Landesbauordnungen noch verwendeten bauaufsichtlichen Begriffe „feuerhemmend“ und „feuerbeständig“ sind den Bauteilklassen F 30 bzw. F 90 zuzuordnen. Dabei werden die Baustoffklassen A und B zur Beschreibung des Brandverhaltens der Baustoffe, aus denen die Bauteile bestehen sollen, mit herangezogen. Die Zuordnung der normgemäßen Bauteilklassen in Verbindung mit den Baustoffklassen zu den Begriffen in den Bauordnungen ist in Tafel 4 angegeben. Beispielsweise ist ein „feuerbeständiges Bauteil aus nichtbrennbaren Baustoffen“ ein Bauteil mit der Kurzbezeichnung „F 90-A“ (siehe Tafel 2).

3.3 Katalog klassifizierter Bauteile

Teil 4 von DIN 4102 enthält einen umfangreichen Katalog klassifizierter Baustoffe und Bauteile bzw. die notwendigen Angaben, um Bauteile einer bestimmten Feuerwiderstandsklasse individuell herstellen zu können. Für aus Beton zu fertigende Wände, Decken, Stützen, Balken und Zugglieder sowie für Sonderbauteile, wie Brandwände, kann man die erforderlichen Dimensionierungsangaben, wie Mindestdicke, Mindestbreite und Anordnung der Bewehrung, entweder dieser Norm direkt entnehmen oder anhand von Tabellen in Abhängigkeit von den konstruktiven Gegebenheiten ermitteln.

In DIN 4102 Teil 4 sind auch Verbundbauteile enthalten. Verbundbauteile bestehen aus handelsüblichen Stahlwulzprofilen, die im Zusammenwirken mit Normalbeton ($\geq B 25$) durch Aus- oder Einbetonieren den erforderlichen Feuerwiderstand erreichen.

3.4 Brandschutztechnisches Dimensionieren von Betonbauteilen

Für das brandschutztechnische Konstruieren von Betonbauteilen für alle Feuerwiderstandsklassen von F 30 bis F 180 ist in Teil 4 von DIN 4102 ein sehr individuell anwendbares und auf wirt-

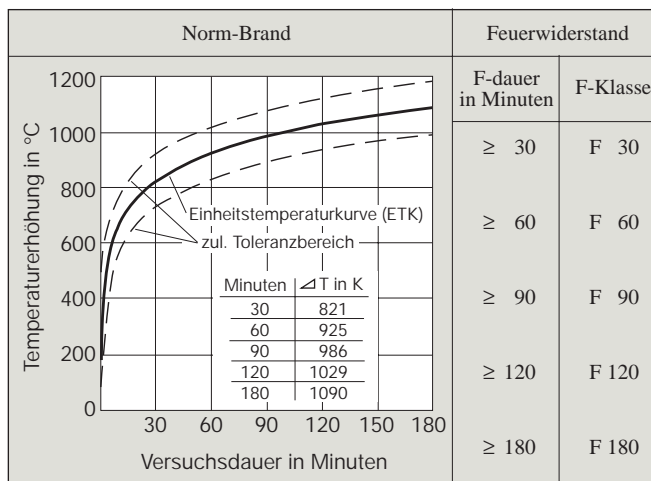


Bild 3: Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK) und davon abhängige Festlegung der Feuerwiderstandsklassen gemäß DIN 4102 Teil 2

schaftliches Konstruieren ausgerichtetes Dimensionierungsverfahren angegeben. Dabei ist es im Prinzip gleich, ob es sich um schlaff bewehrte (Stahlbeton) oder vorgespannte (Spannbeton) Bauteile aus den verschiedenen Betonarten sowie Porenbeton handelt. Entscheidend ist, dass die Durchwärmung des Bauteils durch die richtige Wahl der Querschnittsbreite bzw. -dicke und der Betondeckung der Hauptbewehrung entsprechend der geforderten Feuerwiderstandsdauer verzögert wird und die Bewehrung vor einer Erwärmung bis zur kritischen Stahltemperatur ge-

Tafel 3: Klassifizierung von Bauteilen entsprechend DIN 4102 Teil 2, Tabelle 2, gezeigt am Beispiel für die Feuerwiderstandsklasse F 90

F-Klasse	Baustoffklasse nach DIN 4102 Teil 1		Benennung Bauteile der ...	Kurzbezeichnung
	wesentliche Teile ¹⁾	übrige Bestandteile		
F 90	B	B	Feuerwiderstandsklasse F 90	F 90-B
	A	B	Feuerwiderstandsklasse F 90 und in den wesentlichen Bestandteilen aus nichtbrennbaren Baustoffen ¹⁾	F 90-AB
	A	A	Feuerwiderstandsklasse F 90 und aus nichtbrennbaren Baustoffen	F 90-A

¹⁾ Zu den wesentlichen Teilen gehören:

- alle tragenden oder aussteifenden Teile, bei nichttragenden Bauteilen auch die Bauteile, die deren Standsicherheit bewirken (z.B. Rahmenkonstruktionen von nichttragenden Wänden),
- bei raumabschließenden Bauteilen eine in Bauteilebene durchgehende Schicht, die bei der Prüfung nach dieser Norm nicht zerstört werden darf. Bei Decken muss diese Schicht eine Gesamtdicke von mindestens 50 mm besitzen; Hohlräume im Innern dieser Schicht sind zulässig.

Tafel 4: Zuordnung der bauaufsichtlichen Benennungen und der Benennungen nach DIN 4102 Teil 2 für Bauteile

Bauaufsichtliche Benennung	Benennung nach DIN 4102 Teil 2	Kurzbezeichnung
feuerhemmend	Feuerwiderstandsklasse F 30	F 30
feuerhemmend und in den tragenden Teilen aus nichtbrennbaren Baustoffen	Feuerwiderstandsklasse F 30 und in den wesentlichen Teilen aus nichtbrennbaren Baustoffen	F 30 -AB
feuerhemmend und aus nichtbrennbaren Baustoffen	Feuerwiderstandsklasse F 30 und aus nichtbrennbaren Baustoffen	F 30 -A
feuerbeständig	Feuerwiderstandsklasse F 90 und in wesentlichen Teilen aus nichtbrennbaren Baustoffen	F 90-AB
feuerbeständig und aus nichtbrennbaren Baustoffen	Feuerwiderstandsklasse F 90 und aus nichtbrennbaren Baustoffen	F 90-A

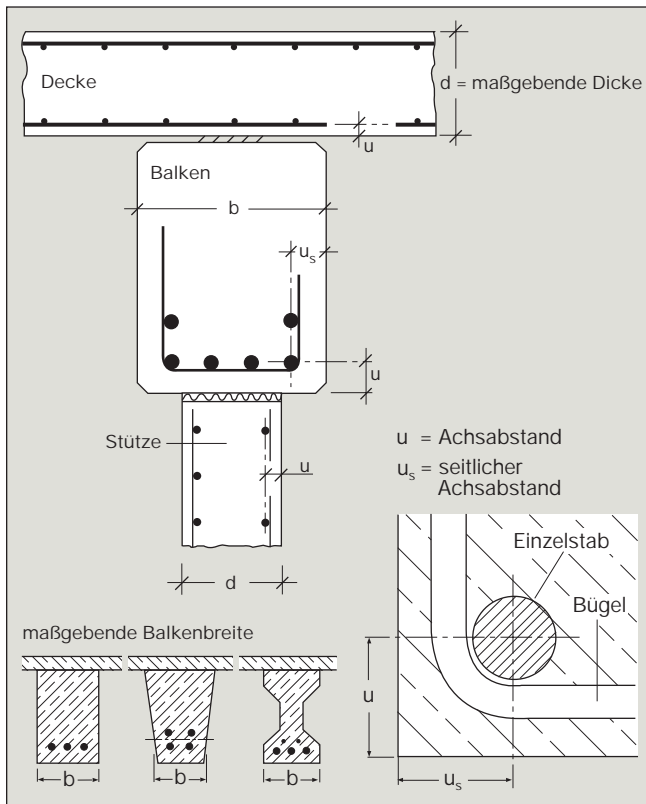


Bild 4: Schema für die Definition des Achsabstands, der Achsabstände bei Decken, Balken und Stützen sowie der maßgebenden Balkenbreite

schützt wird [2, 8, 9, 10, 11]. Die Mindestwerte für die Abmessungen und die Betondeckung sind in Abhängigkeit von den statischen Randbedingungen, wie statisch bestimmt oder unbestimmt, in der Norm festgelegt. Eine schematische Übersicht, wie die Begriffe Mindestbreite und -dicke und Betondeckung bzw. die verschiedenen Achsabstände definiert sind und wie sie bei den wichtigsten Bauteilarten Decke, Balken/Riegel, Stütze oder Wand anzusetzen sind, gibt Bild 4.

In der Norm ist die Dicke der Betondeckung mit dem Begriff Achsabstand u erfasst. Der Achsabstand u ist der Abstand der Bewehrungsachse von der beflamten Bauteiloberfläche (Bild 4 unten rechts).

Der Ansatz der Mindestbreite bei balkenartigen Querschnitten ist für drei charakteristische Querschnittsformen Bild 4 links unten angegeben. Bei I-Querschnitten muss die Höhe des Untergurtes mindestens der erforderlichen Mindestbreite entsprechen. Dabei darf eine Abschrägung zur Hälfte auf die Untergurthöhe angerechnet werden.

Für die Dimensionierung des Achsabstands gilt Folgendes: In Abhängigkeit von der verwendeten Stahlsorte ist entsprechend der so genannten kritischen Stahltemperatur ($\text{crit } T$) der erforderliche Achsabstand ($u + \Delta u$) zu ermitteln. $\text{crit } T$ ist die Temperatur, bei der unter normaler Belastung der Stahl die Fließgrenze erreicht. Sie liegt zwischen 500°C beim normalen Bewehrungsstahl und 350°C beispielsweise bei Spannstahl. Je größer die Streckgrenze ist, desto niedriger liegt die kritische Temperatur. Die gemäß DIN 1045 erforderlichen Betondeckungen reichen in der Regel aus, um die brandschutztechnisch notwendigen Achsabstände u (= Betondeckung plus halber Stabdurchmesser) für die unteren Feuerwiderstandsklassen, wie F 30 oder F 60, zu erbringen. Dies kann auch sogar für die Klasse F 90 gegeben sein, wenn beispielsweise bei mehrlagiger Bewehrung durch die Berechnung des so genannten mittleren Achsabstandes u_m die Regelungen zur Minimierung der kleinsten Achsabstände ausgenutzt werden. In diesem Punkte bietet die Norm dem Konstrukteur günstige Möglichkeiten für eine wirtschaft-

lich vorteilhafte Gestaltung der Querschnittsdimensionierung und der Bewehrungsführung.

Eine weitere Möglichkeit, bei gleichen Achsabstandsmaßen die Feuerwiderstandsdauer zu erhöhen, liegt in der Ausnutzung der Durchlauf- und Einspannwirkung (siehe auch Tafel 5). Auch bei Beton kann durch Bekleidungen, Putze oder Anstriche die Feuerwiderstandsdauer angehoben werden. Allein aus Kostengründen dürften jedoch solche Maßnahmen nur in besonderen Ausnahmefällen, z.B. bei Nutzungsänderungen und damit verbundenen nachträglichen bauaufsichtlichen Auflagen, in Frage kommen.

Für die Praxis ergibt sich aus den in DIN 4102 Teil 4 für den Betonbau enthaltenen Maßgaben folgendes Fazit:

Die erforderlichen Mindestbreiten bei den Betonbauteilen sind so gering, dass in der Regel bei den unteren Feuerwiderstandsklassen die Querschnitte von Betonbauteilen aus statischen und konstruktiven Gründen größer sein müssen, als dies aus brandschutztechnischen Gründen notwendig wäre. In ungeschützter Ausführung können im Vergleich zu Holz- und Stahlbau nur Betonbauteile eine Klassifizierung von F 30 bis F 180 erreichen. Dabei sind sie als F 30-A bis F 180-A einzu-stufen, weil sie ganz aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen.

3.5 Beispiele für brandschutztechnische Dimensionierungen von Bauteilen

Tafel 5 enthält die wesentlichsten Beispiele für die Mindestabmessungen der wichtigsten Betonbauteilarten. Dabei sind nur die Feuerwiderstandsklassen F 30, F 90 und F 180 erfasst, weil diese Klassen den in den Bauordnungen und in den Richtlinien der Sachversicherer enthaltenen Anforderungen entsprechen. Größenordnungsmäßig lassen sich die Vorgaben für die Klassen F 60 und F 120 aus den Tafelwerten ableiten. Die genauen Werte sind der Norm zu entnehmen.

Für Wände aus Bauteilen aus haufwerksporigem Leichtbeton und bewehrtem Porenbeton sind in Tafel 6 die erforderlichen Mindestdicken – ohne und mit Putz – angegeben.

Im gleichen Maße wie für Betonbauteile gilt DIN 4102 Teil 4 auch für die Anwendung von Betonmauersteinen. Die jeweils erforderlichen Wanddicken sind in Abhängigkeit von der Wandart – tragend, nichttragend, raumabschließend usw. – in dieser Norm aufgeführt. In Tafel 7 sind für die wesentlichen Wandarten aus Beton- und Porenbeton-Mauerwerk die Mindestdicken für eine verputzte oder unverputzte Ausführung zusammengestellt.

4 Bauwerksbetrachtung

Beim Brand größerer Gebäudekomplexe, wie ausgedehnte Industriebauten, die oft auch mehrgeschossig sind, muss die Stabilität des gesamten Tragwerks lange bestehen bleiben. Erst dadurch können den Brandschaden begrenzende Löschmaßnahmen ungefährdet durchgeführt werden. Besonders wirksam sind so genannte Innenangriffe der Feuerwehr.

4.1 Brandwände, Komplextrennwände

Der Wert der baulichen Trennung großer Gebäudekomplexe in einzelne Brandabschnitte zur Verhinderung der Brandausbreitung wird von Seiten der Bauaufsicht und der Sachversicherer unterstrichen. Die entweder nach der Bauordnung geforderten Brandwände oder die versicherungstechnisch notwendigen Komplextrennwände [7, 12] lassen sich mit Bauteilen und Mauersteinen aus Beton und Porenbeton einfach und sicher ausführen, wenn die in Tafel 8 angegebenen Dicken eingehalten werden.

Die Anforderungen an Brandwände sind in DIN 4102 Teil 3 geregelt. Für Komplextrennwände gelten die Richtlinien der Sachversicherer. Komplextrennwände sind der Klasse F 180-A zuzuordnen und weisen im Vergleich zu Brandwänden einen

Tafel 5: Mindestdicken d bzw. Mindestbreiten b und zugehörige Achsabstände u von verschiedenen Betonbauteilen in unbelkleideter Ausführung aus Normalbeton*) für die Feuerwiderstandsklassen F 30, F 90 und F 180

Bauteilart			Mindestdicken d bzw. Mindestbreiten b und zugehörige Achsabstände u in mm für die Feuerwiderstandsklassen						
			F 30-A		F 90-A		F 180-A		
			d bzw. b	u	d bzw. b	u	d bzw. b	u	
Decken	Vollplatte ohne Estrich	stat. best. gelagert	60		100		150		
		stat. unbest. gelagert	80		100		150		
	Vollplatte mit Verbundestrich	Dicke der Platte	50		50		75		
		Gesamtdicke von Platte und Estrich	stat. best. gelagert	60		100		150	
			stat. unbest. gelagert	80		100		150	
	Vollplatte mit schwimmendem Estrich	Dicke der Platte	stat. best. gelagert	60		60		80	
			stat. unbest. gelagert	80		80		80	
		Dicke des Estrichs	stat. best. gelagert	25		25		40	
			stat. unbest. gelagert	25		25		40	
	Achsabstand der Feldbewehrung bei freier Auflagerung crit T = 500°C	einachsig gespannt		10		35		60	
zweiachsig gespannt 1,5 ≥ ly/lx			10		15		30		
vierseitig gelagert ly/lx ≥ 3,0			10		35		60		
Wände	raumabschließend, nichttragend		80	10	100	10	150	35	
	raumabschließend, tragend	Ausnutzungsfaktor α ₁ = 0,1	80	10	100	10	150	35	
		critT = 500°C							
		α ₁ = 0,5	100	10	120	20	180	45	
	α ₁ = 1,0	120	10	140	25	210	55		
Balken	dreiseitig beflammt einlagig bewehrt critT ≥ 450°C	stat. best. gelagert	80	25	150	55	240	80	
			120	15	200	45	300	70	
			160	10	250	40	400	65	
			≥ 200	10	≥ 400	35	≥ 600	60	
	stat. unbest. gelagert	min l ≥ 0,8 max l	80	10	150	35	400	60	
			≥ 160	10	250	25	≥ 400	50	
Stützen	mehrseitige Brandbeanspruchung	Ausnutzungsfaktor α ₁ = 0,3	150	1) ¹⁾	180	1) ¹⁾	240	50	
		α ₁ = 0,7	150	1) ¹⁾	210	1) ¹⁾	320	50	
		α ₁ = 1,0	150	1) ¹⁾	240	1) ¹⁾	360	50	

*) Bei der Anwendung von Leichtbeton mit geschlossenem Gefüge nach DIN 4219 Teil 1 und 2, haufwerksporigem Leichtbeton oder Porenbeton gelten andere größenordnungsmäßig vergleichbare Maße, die im Einzelnen in DIN 4102 Teil 4 geregelt sind.

1) Der zugehörige Mindestabstand u ist vorhanden, wenn bezüglich der Betondeckung c die Mindestwerte nach DIN 1045 eingehalten sind.

Tafel 6: Mindestdicken von tragenden¹⁾ und nichttragenden Wänden aus haufwerksporigem Leichtbeton und aus bewehrtem Porenbeton für die Feuerwiderstandsklassen F 30, F 90 und F 180

Wände aus:		Mindestdicke d in mm ()-Werte gelten für Wände mit beidseitigem Putz			
		F 30-A	F 90-A	F 180-A	
Leichtbeton mit haufwerksporigem Gefüge nach DIN 4232 Rohdichteklasse ≥ 0,8	nichttragend ¹⁾	75 (60)	100 (100)	150 (125)	
	tragend ²⁾	Ausnutzungsfaktor α ₃ = 0,2	115 (115)	150 (115)	175 (125)
		α ₃ = 0,5	150 (115)	200 (175)	240 (200)
		α ₃ = 1,0	175 (150)	240 (175)	300 (240)
bewehrter Porenbeton	nichttragend	75 (75)	100 (100)	150 (125)	
	tragend ³⁾	Ausnutzungsfaktor α ₄ = 0,5	150 (125) u = 10	200 (175) u = 20	240 (225) u = 50
		α ₄ = 1,0	175 (150) u = 10	225 (200) u = 30	300 (250) u = 60

1) Gilt auch für Wände aus stehenden Hohldielen aus haufwerksporigem Leichtbeton gemäß DIN 4028

2) Die Angaben gelten für raumabschließende und nicht raumabschließende Wände.

3) Die Mindestdicken d gelten auch für unbewehrte Wandtafeln.

Tafel 7: Mindestdicken von raumabschließenden Wänden aus Beton- und Porenbeton-Mauerwerk für die Feuerwiderstandsklassen F 30, F 90 und F 180

	Wände aus Mauersteinen/Platten unter Verwendung von Normal-, Dünnbett- und Leichtmörtel	Mindestdicke d in mm ()-Werte gelten für Wände mit beidseitigem Putz			
		F 30-A	F 90-A	F 180-A	
nichttragend	Leichtbeton-/Betonsteine nach DIN 18 151 18 152 18 153	50 (50)	95 (70)	140 (115)	
		Leichtbetonplatten nach DIN 18 148 18 162			
	Porenbetonsteine nach DIN 4165 Porenbetonbauplatten nach DIN 4166	75 ¹⁾ (50)	100 ¹⁾ (75)	150 (115)	
tragend	Leichtbeton- und Betonsteine nach DIN 18 151 18 152 α ₂ = 0,2 18 153 α ₂ = 0,6	115 (115)	115 (115)	140 (115)	
		140 (115)	175 (115)	190 (175)	
		175 (140)	175 (140)	240 (190)	
	Rohdichteklasse ≥ 0,6 mit Normal- oder Leichtmörtel	α ₂ = 1,0	175 (140)	175 (140)	240 (190)
		Ausnutzungsfaktor			
Porenbetonsteine nach DIN 4165 Rohdichteklasse ≥ 0,5 mit Normal- oder Dünnbettmörtel	α ₂ = 0,2	115 (115)	115 (115)	150 (115)	
	α ₂ = 0,6	115 (115)	150 (115)	200 (175)	
	α ₂ = 1,0	115 (115)	175 (150)	240 (200)	
	Ausnutzungsfaktor				

1) Bei Verwendung von Dünnbettmörtel kann min.d auf ≥ 50 bzw. ≥ 75 mm herabgesetzt werden.

Tafel 8: Mindestwanddicken für ein- und zweischalige Brandwände und Komplextrennwände

Wandart		Mindestdicke in mm () -Werte gelten für Wände mit beidseitigem Putz			
		Brandwand nach Norm		Komplextrennwand der Sachversicherer	
Ausführung	Tragfunktion/ Rohdichteklasse	einschalig	zweischalig	einschalig	zweischalig
		Stahlbeton nach DIN 1045	nichttragend tragend	120 140	2 x 100 2 x 120
haufwerksporiger Leichtbeton nach DIN 4232	≥ 1,4 ≥ 0,8	250 300	2 x 200 2 x 200	350	2 x 240
Porenbeton-Wandtafeln	nichttragend				
	≥ 0,7 ≥ 0,6	175 200	2 x 175 2 x 200	240	2 x 200
Leichtbetonsteine nach DIN 18 151 18 152 18 153	≥ 0,8	240 (175)	2 x 175 2 x (175)	365	2 x 240
	≥ 0,6	300 (240)	2 x 240 2 x (175)		
Porenbetonsteine nach DIN 4165	≥ 0,6	300	2 x 240		
	≥ 0,6 mit Dünnbettmörtel	240	2 x 175		

erhöhten Widerstand gegenüber Stoßbeanspruchung auf. Auf Fugen- und Anschlussausbildungen ist bei derartigen Bauteilen besonders zu achten. Teil 4 von DIN 4102 sowie [1, 2] und [11] enthalten sachgerechte Beispiele für die konstruktive Gestaltung dieser Details.

Die Sachversicherer und andere Brandschutzfachleute, die sich mit der Gesamtheit der von Bränden ausgehenden Gefahren und auftretenden Schäden befassen, halten sichere Abschottungen innerhalb von Gebäuden und zu benachbarten Gebäuden für besonders wichtig.

4.2 Baulicher Brandschutz im Industriebau

Unter den Gebäuden, die baurechtlich in die Kategorie besonderer Art und Nutzung einzureihen sind, nehmen die Industriebauten wegen der baulichen und nutzungstechnischen Vielfalt eine Sonderstellung ein. Dementsprechend wird versucht, bei den Brandschutzanforderungen objektspezifische Lösungen zu entwickeln [13]. Mit der Industriebaurichtlinie werden die Mindestanforderungen an den baulichen Brandschutz dieser Bauten geregelt [14]. Die Höhe der baulichen und betrieblichen Brandschutz-Anforderungen kann aufgrund von drei Nachweisverfahren erbracht werden: 1. Einstufung nach Sicherheitskategorien ohne Brandlastermittlung, 2. Nachweis aufgrund einer Bemessung nach DIN 18 230-1 „Brandschutz im Industriebau“ oder 3. Nachweis mittels Methoden des Brandschutzingenieurwesens.

Eine Bemessung nach DIN 18 230-1 oder mittels Ingenieurmethoden soll dem Planer die Möglichkeit bieten, für das einzelne Industriegebäude die erforderliche Feuerwiderstandsdauer der tragenden und abschnittsbegrenzenden Bauteile zu ermitteln. In die auf der Basis von sicherheitsstatistischen Überlegungen konzipierte Berechnung gehen ein: die Gebäudegeometrie, wie Gebäudeabmessungen, Geschosszahl, Anzahl und Größe der Brandabschnitte usw., die im Gebäude vorhandene Brandlast, die installierten betrieblichen Brandschutzeinrichtungen, wie Brandmelde- und automatische Löschanlagen, Wärmeabzugseinrichtungen und die Existenz einer Werkfeuerwehr [15].

Bei allen Vorteilen einer objektbezogenen Festlegung der Brandschutzanforderungen, die die nutzungs- und gebäudespezifischen Randbedingungen berücksichtigt, dürfen bestimmte

Aspekte nicht übersehen werden. Die Festlegung der Brandlast birgt Unsicherheiten, da sie teilweise auf Schätzungen beruht und bei Neubauten, deren spätere Nutzung nicht definitiv feststeht, weitgehend auf Annahmen angewiesen ist.

Gerade in einer Industriesituation, bei der eine schnelle Anpassbarkeit, Umnutzungen oder betriebliche Veränderungen immer häufiger gefordert werden, können sich eng bemessene Gebäudekonzeptionen als Nachteil erweisen. Daher ist es besser, eine Bauart zu wählen, die von vornherein einen relativ hohen Feuerwiderstand besitzt. Besonders im Industriebau ist eine feuersichere Abtrennung von Teilbereichen wichtig, damit eine Schadensbegrenzung erfolgt oder Bereiche mit unterschiedlich hohen Brandrisiken voneinander getrennt werden. Für diese baulichen Brandschutzzwecke eignen sich Bauteile und Konstruktionen aus Beton [12].

5 Ausbessern von Brandschäden

Betonbauteile, die während eines Brandes im oberflächennahen Bereich z.B. durch Abplatzungen Schäden aufweisen, können oft ohne wesentliche Schwierigkeiten ausgebessert werden. Die pauschale Auffassung, dass Beton nach einem Brand nicht ausgebessert werden sollte, weil heutzutage korrosionsfördernde Stoffe wie etwa Chloride aus der PVC-Verbrennung in großer Menge in den Brandgasen enthalten seien, trifft nicht zu. Erfahrungsgemäß ist die Menge der schädigend wirkenden Be-



Bild 5 a: Zustand des Bauteils nach dem Brand



Bild 5 b: Aufbringen des Spritzbetons



Bild 5 c: Zustand des ausgebesserten Bauteils

standteile in den Brandgasen selten so groß, dass eine für die Korrosion der Bewehrung schädliche Konzentration erreicht wird. Außerdem ist das Betongefüge normalerweise so dicht, dass Schadstoffe nicht tief genug eindringen können [16], um Langzeitschäden zu verursachen.

Mit Erfolg wird bei der Ausbesserung vor allem Spritzbeton eingesetzt [17]. Für die Durchführung von Ausbesserungsarbeiten mit Spritzbeton gilt die Norm DIN 18 551 Spritzbeton; Herstellung und Güteüberwachung, März 1992. Darin sind auch die Maßgaben für die Bemessung geregelt. Die Bildfolge 5 a bis c zeigt, wie vom Brand geschädigte Betonbauteile unter Einsatz von Spritzbeton instand gesetzt werden. Oftmals wird eine Wiederherstellung aus betriebsbedingten Gründen abgelehnt, weil beispielsweise für nach einem Brand häufig modernisierte Produktionsabläufe andere Gebäudestrukturen von Vorteil sind. Solche Zusammenhänge sollten jedoch nicht über die technisch gute Machbarkeit einer Ausbesserung hinwegtäuschen.

Vor allem bei Bränden in Teilbereichen von eingeschossigen Hallen oder mehrgeschossigen Industriegebäuden aus Beton sind Reparaturen wirtschaftlich, weil dadurch Betriebsunterbrechungen kurz gehalten werden können und Instandsetzungen meistens kostengünstig sind. Die notwendigen Voraussetzungen dafür, dass eine solche Ausbesserung von Brandschäden überhaupt möglich ist, bieten in besonderem Maße Gebäude aus Beton aufgrund des günstigen Brandwiderstandes der Bauteile und Gesamtkonstruktionen.

Die Möglichkeit der Instandsetzung nach einem Brand ist auch ein Beitrag zur Nachhaltigkeit des Bauens und zum Umweltschutz.

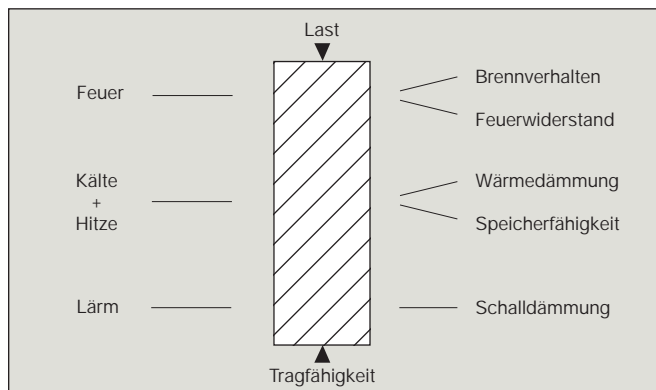


Bild 6: Bauphysikalische Beanspruchungen eines Raum abschließenden, tragenden Bauteils und zugehörige erforderliche Bauteileigenschaften

Da sich Beton technologisch in weiten Grenzen variieren lässt, z.B. als Normalbeton, gefügedichter Leichtbeton, haufwerksporiger Leichtbeton oder Porenbeton, können auch die stofflichen und technischen Eigenschaften der daraus hergestellten Bauteile sehr unterschiedlich sein. Das hat den praktischen Nutzen, dass beispielsweise die vielfältigen bauphysikalischen Anforderungen, die neben dem Brandschutz aufgrund des erforderlichen Wärmeschutzes und Schallschutzes bestehen, integral mit Betonbauteilen erfüllt werden können.

Dieser Zusammenhang ermöglicht ein bauphysikalisch integrales Planen, das in dieser Form wohl nur bei Betonbauteilen durchgeführt werden kann. Verdeutlichen lässt sich dieser Zusammenhang am besten an einem raumabschließenden Bauteil, z.B. einer Wand (Bild 6). Unabhängig von der statischen Belastung, der die gute Festigkeit und Tragfähigkeit entgegensteht, besitzt ein Betonbauteil gegenüber den drei bauphysikalischen Beanspruchungen aus Feuer, Kälte/Hitze und Lärm fünf essentielle stoff- und bauteiltechnische Eigenschaften, die dem Bauteil den notwendigen Widerstand gegenüber diesen Beanspruchungen verleihen.

In Bild 7 sind die Verknüpfungen der Betonbauteileigenschaften mit den drei erforderlichen Schutzfunktionen dargestellt. Ein kundiger Planer wird in der Lage sein, je nach Priorität die Baustoffeigenschaften so zu spezifizieren, dass ein integriertes Bauteilverhalten erreicht wird, das große Wirtschaftlichkeit erbringt.

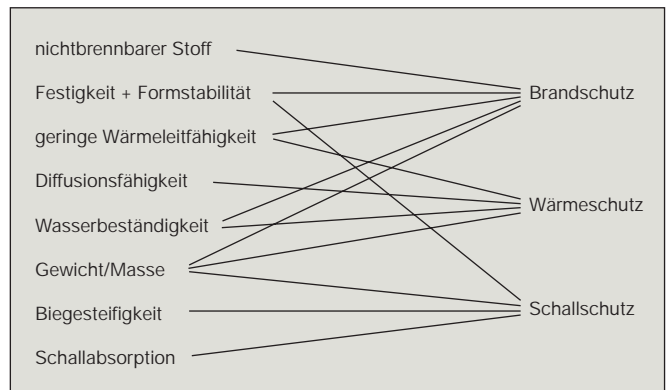


Bild 7: Stoffliche und bautechnische Eigenschaften von Betonbauteilen, wodurch die Brandschutz-, Wärmeschutz- und Schallschutzanforderungen erfüllt werden

Literatur

- [1] Kordina, K.; Meyer-Ottens, C.: Beton-Brandschutz-Handbuch. Beton-Verlag, Düsseldorf 1981.
- [2] Kordina, K.; Meyer-Ottens, C.: Beton-Brandschutz-Handbuch. Verlag Bau+Technik GmbH, Düsseldorf, 2. Auflage, 1999.
- [3] Kordina, K.; Schneider, U.: Zum mechanischen Verhalten von Normalbeton unter instationärer Wärmebeanspruchung. beton 25 (1975) H. 1, S. 1925.
- [4] Neck, U.: Brandverhalten und davon abhängige Wahl der Baustoffe; Klassifizierung von Baustoffen und Bauteilen. Betonwerk + Fertigteil-Technik 48 (1982) H. 10, S. 615/622.
- [5] Klose, A.: Gesetzliche Grundlagen für den vorbeugenden baulichen Brandschutz. Zeitschrift für Wärmeschutz, Kälteschutz, Schallschutz, Brandschutz, 32 (1987) H. 23.
- [6] Gädtke; Böckenförde; Temme: Kommentar zur Landesbauordnung NW, 9. Auflage. Werner-Verlag, Düsseldorf 1998.
- [7] Allgemeiner Teil Feuer der unverbindlichen Prämienrichtlinien für die Industrie-Feuer- und Feuer-Betriebsunterbrechungsversicherung des Verbandes der Sachversicherer e.V., April 1989.
- [8] Kordina, K.: Grundlagen für den Entwurf von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen mit bestimmter Feuerwiderstandsdauer. Stahlbetonbau, Festschrift Rüsck. Verlag von Wilh. Ernst & Sohn, Berlin 1969, S. 119/138.
- [9] Meyer-Ottens, C.: Feuerwiderstandsdauer von Betonkonstruktionen, Betonfertigteil- und Mauerwerksbau. Betonwerk + Fertigteil-Technik 42 (1976) H. 6, S. 275/281, und H. 7, S. 350/356.
- [10] Kordina, K.; Meyer-Ottens, C.: Brandverhalten von Porenbetonbauteilen; Erläuterungen zu DIN 4102 Teil 4, 3/94, Bericht 4 des Bundesverbandes Porenbetonindustrie e.V., Wiesbaden 1997.
- [11] Weber, H.: Das Porenbeton Handbuch. Bauverlag, Wiesbaden, Berlin, 4. Auflage 1999.
- [12] Brand- und Komplextrennwände; Merkblatt für die Anordnung und Ausführung. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V., Köln 1999.
- [13] Brandschutzleitfaden für Gebäude besonderer Art und Nutzung. Bundesministerium für Verkehr Bau- und Wohnungswesen, November 1998
- [14] Mehl, F.: Die Regelungen zum Brandschutz nach der neuen Industriebau-richtlinie. DIN-Mitteilungen 78 (1999) Nr. 9, S. 617/621.
- [15] Seiler, H.: Brandschutz im Industriebau. Betonwerk + Fertigteil-Technik 49 (1983) H. 11, S.728/734.
- [16] Locher, F.W.; Sprung, S.: Einwirkung von salzsäurehaltigen PVC-Brandgasen auf Beton. beton 20 (1970) H. 2, S. 63/65, und H. 3, S. 99/104.
- [17] Ruffert, G.: Brandschäden an Betonbauten – Feststellung, Beurteilung und Sanierung. beton 26 (1976) H.7, S. 239/243.

Die Praxis: Ein Brandfall mit Umweltfolgen

Brandverlauf

Im November 1984 geriet in Ratingen ein Möbellager in Brand. In der an sich eingeschossigen, aber mit einer nachträglich eingebauten Zwischenebene genutzten Halle von rd. 600 m² breitete sich der Brand schnell aus und entwickelte wegen der hohen Brandlast eine starke Brandbelastung für die Hallenkonstruktion, den vorgelagerten Bürotrakt und das direkt angrenzende Industriegebäude (Foto 1). Infolge der enormen Rauchentwicklung mussten die den Düsseldorfer Flughafen anfliegenden Flugzeuge umgeleitet werden.

Die Feuerwehr musste den Lösch-Innenangriff wegen der raschen Brandausbreitung und der Verqualmung nach wenigen Minuten abbrechen. Die Löschmaßnahmen von außen hatten nur geringe Wirkung.

Nach etwa 20 Minuten Vollbrand brach die Hallenkonstruktion aus Stahl zusammen, und das Feuer beaufschlagte ungehindert etwa 45 bis 60 Minuten lang die Wand zum Büro aus Mauerwerk und Beton sowie die Porenbeton-Brandwand der angrenzenden Halle (Foto 2) mit hochwertigen Präzisionswerkzeugmaschinen. Beide Gebäude überstanden den Brand ohne wesentliche Bauschäden.

Was zeigt dieser Brandfall?

- ❑ Der Brand zerstörte die Lagerhalle. Das Lagergut verbrannte. Die Rauchgase belasteten die Umwelt, das Löschwasser musste speziell entsorgt werden.
- ❑ Bei der hohen Brandlast konnte die Feuerwehr den Vollbrand im Möbellager nicht eindämmen.
- ❑ Die brandschutztechnisch richtig dimensionierten und konstruierten Brandwände begrenzen den Brand und schützen den Bürotrakt der Firma und die Produktionshalle der Nachbarfirma (Foto 3).
- ❑ Die Produktion der Maschinenfabrik war nicht unterbrochen.

Konsequenz für den vorbeugenden baulichen Brandschutz:

Bauteile aus nichtbrennbaren Baustoffen und mit einem hohen Feuerwiderstand verhindern die Ausbreitung eines Brandes und schützen sicher angrenzende Bereiche. Dadurch bleiben der Brandumfang und damit der Schaden an Sachgütern und für die Umwelt gering.



Foto 1: Voll entwickelter Brand mit sehr starker Rauchbildung; rechts im Bild der Bürotrakt, links die direkt angrenzende Halle der Maschinenfabrik



Foto 2: Brandgeschehen an der Brandwand zur Maschinenfabrik



Foto 3: Zustand der Brandwand zur Maschinenfabrik am nachfolgenden Tage; die verformte Stahlkonstruktion lässt auf die hohe Brandbeanspruchung schließen.

Bauberatung Zement



Wir beraten Sie in allen Fragen der Betonanwendung

Bauberatung Zement Bayern	Rosenheimer Str. 145 g	81671 München	Tel. 089/45098490	Fax: 45098498	eMail:BB_Muenchen@BDZement.de
Bauberatung Zement Bayern	Bucher Straße 3	90419 Nürnberg	Tel. 0911/93387-0	Fax: 9338733	eMail:BB_Nuernberg@BDZement.de
Bauberatung Zement Beckum	Annastraße 3	59269 Beckum	Tel. 02521/ 873020	Fax: 873029	eMail:BB_Beckum@BDZement.de
Bauberatung Zement Düsseldorf	Schadowstraße 44	40212 Düsseldorf	Tel. 0211/353001	Fax: 353002	eMail:BB_Duesseldorf@BDZement.de
Bauberatung Zement Hamburg	Immenhof 2	22087 Hamburg	Tel. 040/2276878	Fax: 224621	eMail:BB_Hamburg@BDZement.de
Bauberatung Zement Hannover	Hannoversche Str. 21	31319 Sehnde-Höver	Tel. 05132/6015	Fax: 6075	eMail:BB_Hannover@BDZement.de
Bauberatung Zement Ost	Luisenstraße 44	10117 Berlin-Mitte	Tel. 030/28002-400	Fax: 28002450	eMail:BB_Berlin@BDZement.de
Bauberatung Zement Ost	Kieler Straße 67	04357 Leipzig	Tel. 0341/6010201	Fax: 6010290	eMail:BB_Leipzig@BDZement.de
Bauberatung Zement Stuttgart	Leonberger Straße 45	71229 Leonberg	Tel. 07152/71081-82	Fax: 977270	eMail:BB_Stuttgart@BDZement.de
Bauberatung Zement Wiesbaden	Friedrich-Bergius-Str. 7	65203 Wiesbaden	Tel. 0611/1821170	Fax: 182117-16	eMail:BB_Wiesbaden@BDZement.de

Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V. · Postfach 510566 · 50941 Köln · <http://www.BDZement.de> · eMail:BDZ@BDZement.de