

**INSTITUT FÜR BAUSTOFFKUNDE UND STAHLBETONBAU
DER TECHNISCHEN UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG**

Amtliche Materialprüfanstalt für das Bauwesen
Prof. Dr.-Ing. K. Kordina, Prof. Dr.-Ing. G. Rehm

Brandverhalten von Bauteilen aus dampfgehärtetem Gasbeton

von

CLAUS MEYER-OTTENS und KARL KORDINA

HEFT 17

BRAUNSCHWEIG

DEZEMBER 1970

UB Braunschweig 84

3405-620-8

Gutachten über das Brandverhalten von Bauteilen aus dampfgehärtetem Gasbeton

von
Claus Meyer-Ottens und Karl Kordina

aufgestellt für den
Fachverband Gasbetonindustrie e.V.

Inhalt

1.	Vorbemerkung	5			
2.	Allgemeines	5			
2.1	Baustoff und Anwendungsgebiet	5			
2.2	Bauaufsichtliche Forderungen – Feuerwiderstandsklassen	6			
2.2.1	Forderungen im Hochbau	6			
2.2.2	Forderungen im Industriebau	6			
3.	Anforderungen an Bauteile nach DIN 4102, Ausg. Februar 1970	7			
3.1	Anforderungen an Bauteile der Feuerwiderstandsklassen F 30 bis F 180 nach DIN 4102 Blatt 2	7			
3.1.1	Feuerwiderstandsklasse F 30	7			
3.1.2	Feuerwiderstandsklasse F 60	7			
3.1.3	Feuerwiderstandsklasse F 90	7			
3.1.4	Feuerwiderstandsklassen F 120 und F 180	8			
3.2	Anforderungen an nichttragende und nichtaussteifende Außenwandelemente der Widerstandsklassen W 30 bis W 90 nach DIN 4102 Blatt 3	8			
3.3	Anforderungen an Brandwände nach DIN 4102 Blatt 3	8			
4.	Brandverhalten von Bauteilen aus dampfgehärtetem Gasbeton nach DIN 4164	8			
4.1	Brand- und Stoßverhalten von nichttragenden Wänden	8			
4.1.1	Gasbeton-Temperaturen und Temperaturerhöhungen auf Wänden einschließlich Fugen und Anschlüssen bei Brandbeanspruchung nach DIN 4102	8			
4.1.2	Widerstandsfähigkeit gegen Stoßbeanspruchung nach DIN 4102	10			
4.1.3	Mindest-Wanddicken nichttragender Gasbeton-Wände für die Feuerwiderstandsklassen F 30 bis F 180 nach DIN 4102 Blatt 2 und für die Widerstandsklassen W 30 bis W 90 nach DIN 4102 Blatt 3	14			
4.2	Brand- und Stoßverhalten von tragenden Wänden	14			
4.2.1	Zermürbte Schicht	14			
4.2.2	Druckfestigkeit	14			
4.2.3	Feuerwiderstandsdauer mittig belasteter Wände	16			
4.2.4	Feuerwiderstandsdauer ausmittig belasteter Wände	17			
4.2.5	Mindest-Wanddicken tragender Gasbeton-Wände für die Feuerwiderstandsklassen F 30 bis F 180 nach DIN 4102 Blatt 2	17			
4.3	Brand- u. Stoßverhalten von Brandwänden	18			
4.3.1	Brandverhalten unter planmäßig ausmittiger Belastung	18			
4.3.2	Stoßverhalten	18			
4.3.3	Mindest-Wanddicken von Gasbeton-Brandwänden	21			
4.4	Brand- und Verformungsverhalten von Gasbeton-Dach- und -Deckenplatten	24			
4.4.1	Allgemeines	24			
4.4.2	Temperaturen an der Bewehrung von Dach- und Deckenplatten bei Brandbeanspruchung nach DIN 4102	24			
4.4.3	Temperaturerhöhungen auf Dach- und Deckenplatten bei Brandbeanspruchung nach DIN 4102	25			
4.4.4	Verformungen von Dach- und Deckenplatten bei Brandbeanspruchung nach DIN 4102	25			
4.4.5	Mindest-Abmessungen von Gasbeton-Decken und -Dächern für die Feuerwiderstandsklassen F 30 bis F 180 nach DIN 4102 Blatt 2	26			
4.5	Brandverhalten von Gasbeton-Stürzen	26			
5.	Zusammenfassung	26			
6.	Literatur- und Quellenverzeichnis	28			

Beton-Verlag GmbH, Düsseldorf, 1970
Druck: L. N. Schaffrath, Geldern
Klischees: Loose Durach, Remscheid

Veröffentlichungen, auch auszugsweise, bedürfen in jedem Einzelfalle der schriftlichen Einwilligung.

Gutachten über das Brandverhalten von Bauteilen aus dampfgehärtetem Gasbeton

1. Vorbemerkung

Über das Brandverhalten von Bauteilen aus dampfgehärtetem Gasbeton wurde bisher wenig berichtet; es liegen nur vereinzelt Veröffentlichungen vor, in denen neben anderen Baustoffen auch Gasbeton behandelt wird [1 bis 7]. Im Rahmen der amtlichen Materialprüfung und im Rahmen von Forschungsaufträgen wurden dagegen in den letzten 20 Jahren überwiegend am Institut für Baustoffkunde und Stahlbetonbau der Technischen Universität Braunschweig mehr als 60 verschiedene Einzelprüfungen an tragenden oder nichttragenden Wänden, Decken und Balken (Stürzen) durchgeführt, deren Ergebnisse in Prüfungszeugnissen und Untersuchungsberichten wiedergegeben und damit nicht jedem zugänglich sind. Im nachfolgenden Bericht werden mit Zustimmung der seinerzeitigen Auftraggeber alle bisher vorliegenden Versuchsergebnisse zusammengefaßt und ein Überblick über den derzeitigen Stand unseres Wissens gegeben. Hierbei erfolgt die Klassifizierung aller untersuchten Bauteile nach DIN 4102, Ausgabe Februar 1970.

2. Allgemeines

2.1. Baustoff und Anwendungsgebiet

In Deutschland wird Gasbeton im allgemeinen nach DIN 4164, Gas- und Schaumbeton – Herstellung, Verwendung und Prüfung, Ausgabe 1951¹⁾, zum Beispiel aus Sand, Kalk, Wasser und Aluminiumpulver als Gasbildner zum Teil auch mit Steinkohlenfilterasche und Zement als Zusatz hergestellt und unter Druck in gesättigtem Wasserdampf gehärtet, wobei Calcium-Silikat-Verbindungen entstehen. Es kommen Blocksteine oder Planblocksteine für Wände, Platten für Wände oder Decken sowie Balken (Stürze) zur Anwendung. Einen Überblick gibt Tafel 1, woraus auch die geltenden Normen oder Zulassungsbescheide sowie die Dicken der üblichen Bauelemente zu ersehen sind. Die gerasterten Felder kennzeichnen die Regeldicken. Die Produktionsart gestattet jedoch, auch andere Abmessungen zu wählen.

¹⁾ DIN 4164 wird in Zusammenhang mit DIN 4165, 4166 und 4223 zur Zeit überarbeitet.

Tafel 1: Bauelemente aus Gasbeton. Überblick über Anwendungsformen

Zeile	Gasbeton (DIN 4164)	Norm, Zulassungsbescheid ^{*)}	Dicken der üblichen Bauelemente [mm]											
			50	75	100	115	125	150	175	200	225	240	250	300
1	Blocksteine	DIN 4165	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2	Planblocksteine	Z B [8]	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3	Bauplatten	DIN 4166	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4	geschoßhohe nichttragende Wandplatten	Z B [9]	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
5	geschoßhohe tragende Wandtafeln	Z B [9]	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	liegende Wandplatten	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
7	Brüstungen	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	bewehrte Dach- und Deckenplatten	DIN 4223 + Z B [10]	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
9	Stürze	Z B [11]	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	Stürze (nichttragend)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

^{*)} Z B = Abkürzung für Zulassungsbescheid
[] = Quellenverzeichnis

Nach den geltenden Normen und Zulassungsbescheiden werden die in Tafel 2 zusammengestellten Güteklassen, Druckfestigkeiten und Rohdichten unterschieden. In Spalte 7 dieser Tafel sind Rechenwerte für Wärmeleitzahlen angegeben, die sich auf das Material, nicht aber auf verputzte Konstruktionen wie Wände oder Decken beziehen. Die tatsächlichen Wärmeleitzahlen liegen jedoch im allgemeinen niedriger; in Prüfungszeugnissen und -berichten sind zum Teil Werte bis zu 0,11 kcal/m·h·grd nachgewiesen worden.

Gasbeton ist „nichtbrennbar“ nach den Ergänzenden Bestimmungen zu DIN 4102, 3. Fassung (Februar 1970), und gehört zur Baustoffklasse A 1 – siehe auch DIN 4102 Blatt 4, Ausgabe Februar 1970, Abschn. 3.1.1.

2.2. Bauaufsichtliche Forderungen – Feuerwiderstandsklassen

Die bauaufsichtlichen Forderungen unterscheiden im allgemeinen zwischen

- Forderungen im normalen Hochbau und
- Forderungen im Industriebau,

wobei für die einzelnen Bauteile bestimmte Feuerwiderstandsklassen nach DIN 4102, Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, gefordert werden.

2.2.1. Forderungen im Hochbau

Welche Feuerwiderstandsklasse bei Bauteilen im normalen Hochbau gefordert wird, geht im einzelnen

aus den Bauordnungen der Länder und anderen Verordnungen hervor, wobei die Verwendung brennbarer Baustoffe noch gesondert in Erlassen geregelt wird [12]. Die Länder-Bauordnungen, die auf die Musterbauordnung von 1962 zurückgehen, zeigen Unterschiede; einzelne Bauordnungen werden zur Zeit novelliert. Es ist hier nicht möglich, eine allgemein gültige Zusammenfassung aller Forderungen hinsichtlich der Feuerwiderstandsklassen zu geben. Die aus [13] entwickelte Tafel 3 gibt jedoch einen groben Anhalt, welche Feuerwiderstandsklassen bei Wänden und Decken in Abhängigkeit von der Geschoßzahl der Gebäude verlangt werden. Generelle Erleichterungen werden bei freistehenden Einfamilienhäusern, bei eingeschossigen Gebäuden ohne nutzbaren Dachraum und bei Gebäuden der Land- und Forstwirtschaft gestattet. Bei anderen Gebäuden sind Erleichterungen im Einzelfall bei stichhaltiger Begründung ebenfalls möglich.

2.2.2. Forderungen im Industriebau

Im Industriebau gibt es zur Zeit noch keine allgemein gültigen Vorschriften. Es ist geplant, Richtlinien aufzustellen oder Rechtsverordnungen einzuführen. Welche Feuerwiderstandsklasse bei Bauteilen danach gefordert wird, soll von der vorhandenen Brandlast – d. h. der Nutzung – und den baulichen Gegebenheiten – zum Beispiel Größe der Brandabschnittsfläche, Geschoßzahl, Fensterfläche, Fluchtwege, usw. – abhängen. Entsprechend Brandlast und Brandgefahr werden Brandschutzklassen unterschieden, die nach DIN 18 230, Baulicher Brandschutz im Indu-

Tafel 2: Güteklassen, Druckfestigkeit, Betonrohddichte und Wärmeleitzahlen von Gasbetonbauelementen

Baelement	DIN Zulassungsbescheid ¹⁾	Güteklasse	Mindestdruckfestigkeit (Steinfestigkeit)		Höchstzul. Beton-Rohddichte (bei 105° C getrocknet) [kg/dm³]	Wärmeleitzahl ²⁾ [kcal/mhgrd]
			Mittelwert [kp/cm²]	kleinster Einzelwert [kp/cm²]		
1	2	3	4	5	6	7
Blocksteine	4165 + ZB	GS 25	25	20	0,60	0,20
		GS 50	50	40	0,80	0,25
Bauplatten	4166	—	—	—	0,45	0,14
					0,60	0,20
					0,80	0,25
Wandplatten, Brüstungen u. Wandtafeln	ZB	GSB 35	35	30	0,55	0,175
		GSB 50	50	42,5	0,70	0,225
Dach- und Deckenplatten	4223 + ZB	GSB 35	35	30	0,60	0,200
		GSB 50	50	42,5	0,70	0,225
Stürze	ZB	GSB 50	50	42,5	0,70	0,225

¹⁾ Z B = Zulassungsbescheide s. Tafel 1

²⁾ nach DIN 4108, Wärmeschutz im Hochbau, bzw. nach den Angaben der Zulassungsbescheide

striebebau, ermittelt werden können. DIN 18 230 liegt z. Z. erst als Entwurf 1968 vor; es darf hiernach also noch nicht gearbeitet werden. Dasselbe gilt für den Anhang 1 von DIN 18 230, der hier in vereinfachter Form in Tafel 4 wiedergegeben ist.

Wegen fehlender Vorschriften wird diese Tafel jedoch heute schon häufig benutzt, wobei es sich z. Z. naturgemäß immer nur um „Genehmigungen im Einzelfall“ handeln kann.

Wegen der vorhandenen Unsicherheit bei Brandschutzanforderungen – sowohl im allgemeinen Hochbau wie auch im Industriebau – sollte sich jeder Architekt, Konstrukteur oder Bauherr immer so früh wie möglich über die bauaufsichtlichen Anforderungen informieren und sie schon bei der Auswahl der Baustoffe und der Bemessung der Querschnitte berücksichtigen, um unwirtschaftliche Lösungen, womöglich gar nachträglich zu treffende Zusatzmaßnahmen, zu vermeiden. Zu beachten sind u. a. die Landesbauordnungen, Durchführungsverordnungen, Garagen-, Warenhaus- und Versammlungsstättenverordnung sowie Einzelerlasse der Länder.

3. Anforderungen an Bauteile nach DIN 4102, Ausgabe Februar 1970

3.1. Anforderungen an Bauteile der Feuerwiderstandsklassen F 30 bis F 180 nach DIN 4102 Blatt 2

3.1.1. Feuerwiderstandsklasse F 30

Bauteile der Feuerwiderstandsklasse F 30 müssen während einer 30 Minuten dauernden Brandbeanspruchung gemäß der Einheitstemperaturkurve im wesentlichen folgende Anforderungen erfüllen:

Raumabschließende Bauteile

1. Wahrung des Raumabschlusses während der Brandbeanspruchung – auch im Bereich von Fugen, Anschlüssen, Halterungen, Befestigungsmitteln usw.
2. Vermeidung brennbarer Gase auf der dem Feuer abgekehrten Seite, die nach Wegnahme einer fremden Zündquelle allein weiterbrennen.
3. Einhaltung der zulässigen Temperaturerhöhungen auf der dem Feuer abgekehrten Seite über die Anfangstemperatur: maximal zulässiger Einzelwert 180 grd, maximal zulässiger Mittelwert 140 grd.
4. Beibehaltung der Tragfähigkeit während der Brandbeanspruchung unter der rechnerisch zulässigen oder maximal gewählten Belastung, Spannung oder Schnittgröße.
Wände müssen darüber hinaus folgende Forderung erfüllen:
5. Einhaltung einer Restdicke ohne Hohlräume von mindestens 10 mm oder
6. Wahrung des Raumabschlusses nach dem Festigkeitsversuch nach Abschn. 5.2.6 der Norm (3maliger Pendelstoß mit je 2 kpm).

Nichtraumabschließende Bauteile

brauchen nur die in Punkt 4 genannten Anforderungen zu erfüllen.

3.1.2. Feuerwiderstandsklasse F 60

Bauteile der Feuerwiderstandsklasse F 60 müssen dieselben Anforderungen während einer Brandbeanspruchung von 60 Minuten erfüllen.

Tafel 3: Schematische Übersicht über geforderte Feuerwiderstandsklassen von Bauteilen im normalen Hochbau (Unterschiede nach Landesrecht sind möglich)

Bauteil	Geschoßzahl			
	≤ 2	3 bis 5	> 5	Hochhäuser
Tragende Wände u. Wohnungstrennwände ²⁾	F 90	F 90	F 90	F 90
Treppenraumwände ²⁾	F 90	F 90 oder Brandwände		
nichttragende Außenwände ²⁾	–	je nach Brandgefahr W 30 – W 90		
nichttragende Wände in Fluren (Fluchtwegen)	je nach Brandgefahr ≥ F 30 ¹⁾			
Kellerdecken	F 30 ¹⁾	F 90	F 90	F 90
sonstige Decken	F 30	F 30 ¹⁾	F 90	F 90

¹⁾ bei Verwendung von Baustoffen der Klasse A (je nach Brandgefahr auch F 90)

²⁾ An der Grundstücksgrenze und zwischen Gebäuden sind in der Regel Brandwände erforderlich

Tafel 4: Schematische Übersicht über geforderte Feuerwiderstandsklassen von Bauteilen im Industriebau (nach dem Anhang 1 zu DIN 18 230, Entwurf 1968)

Brand-schutz-klasse BK nach DIN 18 230	Bauteile als Tragelemente		Bauteile als Abgrenzung von Brandabschnitten untereinander	
	Wände	Decken	Wände	Decken ¹⁾
I	–	–	F 90	F 30
II	F 30	F 30	F 90	F 30
III	F 60	F 30	F 90	F 60
IV	F 90	F 60	Brandwände	F 90
V	F 120	F 90	Brandwände	F 120

¹⁾ bei Verwendung von Baustoffen der Klasse A

3.1.3. Feuerwiderstandsklasse F 90

Bauteile der Feuerwiderstandsklasse F 90 müssen dieselben Anforderungen während 90 Minuten Brandbeanspruchung erfüllen und darüber hinaus

7. in ihren statisch bedeutsamen Teilen, d. h. in ihren tragenden Teilen, und
8. wenigstens in einer in Bauteilebene durchgehenden Schicht, die während der Prüfdauer nicht zerstört werden darf,

aus Baustoffen der Klasse A bestehen. Punkt 8 gilt nur für raumabschließende Bauteile.

Bei Decken muß die durchgehende Schicht eine Gesamtdicke von mindestens 50 mm besitzen, wobei Hohlräume im Innern dieser Schicht erlaubt sind. Wände mit Dicken < 50 mm müssen immer ganz aus Baustoffen der Klasse A bestehen. Punkt 5 entfällt für Wände, womit Punkt 6 Pflicht wird.

3.1.4. Feuerwiderstandsklassen F 120 und F 180

Bauteile der Feuerwiderstandsklasse F 120 bzw. F 180 müssen die vorstehenden Anforderungen während 120 bzw. 180 Minuten Brandbeanspruchung erfüllen, wobei Bauteile F 180 keine Baustoffe der Klasse B mehr enthalten dürfen.

Für Ummantelungen und Verkleidungen gelten weitere Anforderungen. Einzelheiten sind DIN 4102 Blatt 2, Ausgabe Februar 1970, zu entnehmen.

3.2. Anforderungen an nichttragende und nichtaussteifende Außenwandelemente der Widerstandsklassen W 30 bis W 90 nach DIN 4102 Blatt 3

Gegen Feuer widerstandsfähige, nichttragende und nichtaussteifende Außenwandelemente, Brüstungen u. ä. sind Bauteile, die den Überschlagweg des Feuers von Geschoß zu Geschoß vergrößern und dabei entsprechend einer Branddauer von 30, 60 bzw. 90 Minuten

1. bei einem Brandangriff gemäß der Einheitstemperaturkurve auf ihrer Innenseite alle Anforderungen des vorstehenden Abschn. 3.1 bis auf die Punkte 2 und 3 erfüllen und

2. bei einem Feuerangriff gemäß einer abgeminderten Einheitstemperaturkurve auf ihrer Außenseite alle Anforderungen des vorstehenden Abschn. 3.1 erfüllen.

Die Klassifizierung in Widerstandsklassen lautet entsprechend der Beanspruchungsdauer dann W 30, W 60 oder W 90. Bauteile, die bereits nach Feuerwiderstandsklassen F 30 bis \geq F 90 nach DIN 4102 Blatt 2 klassifiziert sind, erfüllen automatisch auch die Anforderungen der Widerstandsklassen W 30 bis W 90 nach DIN 4102 Blatt 2, da die Prüfung nach Blatt 2 die schärfere ist.

3.3. Anforderungen an Brandwände nach DIN 4102 Blatt 3

Brandwände sind Wände ausschließlich aus Baustoffen der Klasse A – ohne Putz und Verkleidungen hergestellt –, die unter einer ausmittigen Belastung ($\sigma_{\text{Rand 1}} = 0$; $\sigma_{\text{Rand 2}} = \text{zul } \sigma$) nach einem 90 Minuten dauernden Brand gemäß der Einheitstemperaturkurve bei einer dreifachen Stoßbeanspruchung (Stoßenergie 300 kp m/Stoß) ihren Raumabschluß bewahren und sonst alle Anforderungen der Feuerwiderstandsklasse F 90 nach DIN 4102 Blatt 2 (siehe Abschn. 3.1) erfüllen. Zwei Stöße werden unter der ausmittigen Belastung und ein Stoß bei Belastung nur durch das Wandeingengewicht bei zweiseitiger Lagerung als Pendelstöße in Wandmitte ausgeführt.

Weitere Einzelheiten siehe DIN 4102 Blatt 3, Ausgabe Februar 1970, sowie [5] und [7].

4. Brandverhalten von Bauteilen aus dampfgehärtetem Gasbeton nach DIN 4164²⁾

In den folgenden Abschnitten wird gezeigt, daß Bauteile aus dampfgehärtetem Gasbeton – wie nichttragende oder tragende Wände, Außenwandelemente, Brüstungen, o. ä., Brandwände sowie Decken, Dächer und Stürze

bei richtiger Konstruktion die Anforderungen nach DIN 4102 erfüllen können.

Die in den folgenden Tafeln und Bildern wiedergegebenen Abmessungen, Betondeckungen usw. beziehen sich nur auf den Brandschutz. Sind aus statischen oder konstruktiven Gründen sowie z. B. aus Korrosionsüberlegungen größere Abmessungen oder Betondeckungen vorgeschrieben, so sind diese Vorschriften zu beachten; dasselbe gilt z. B. auch für die Vorschriften über aussteifende Querwände (s. DIN 1053).

4.1. Brand- und Stoßverhalten von nichttragenden Wänden

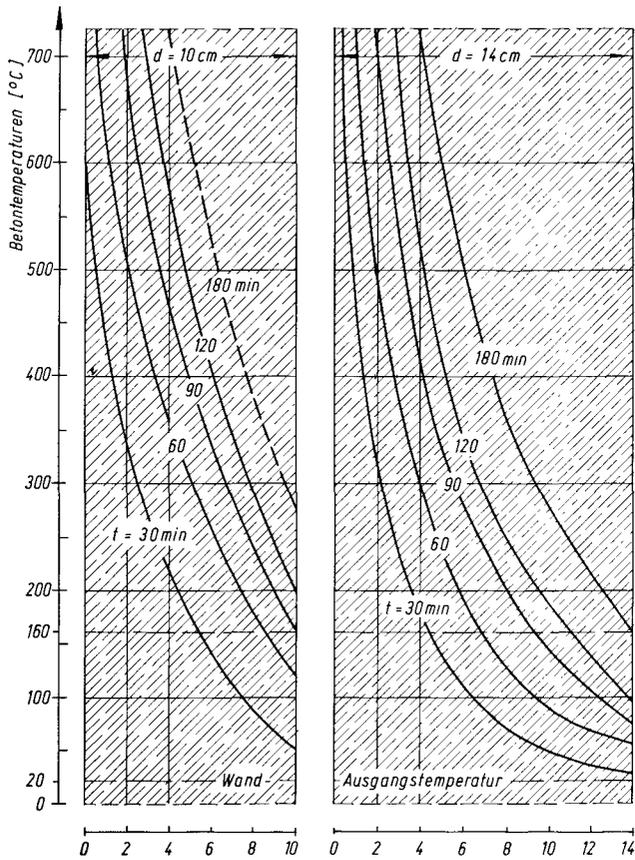
Wie aus Abschn. 3 hervorgeht, müssen nichttragende Wände aus Gasbeton im wesentlichen so konstruiert sein, daß die zulässigen Temperaturerhöhungen – auch an Anschlüssen und Fugen – nicht überschritten werden und eine ausreichende Widerstandsfähigkeit gegen Stoßbeanspruchung vorliegt. Alle übrigen Anforderungen werden allein durch die Tatsache erfüllt, daß es sich bei Gasbeton um einen Baustoff der Klasse A 1 nach den Ergänzenden Bestimmungen zu DIN 4102 handelt.

4.1.1. Gasbeton-Temperaturen und Temperaturerhöhungen auf Wänden einschließlich Fugen und Anschlüssen bei Brandbeanspruchung nach DIN 4102 Temperaturen im Gasbeton

Wegen der sehr niedrigen Wärmeleitfähigkeit von Gasbeton im Vergleich zu Beton nach DIN 1045 – siehe Tafel 2 und DIN 4108 – erfolgt auch die Wärmeleitung im Gasbeton wesentlich langsamer als im Normalbeton. Bild 1 zeigt die Temperaturverläufe in 10 und 14 cm dicken Stahlbetonwänden sowie in einer 24 cm dicken Gasbetonwand zu den Zeitpunkten 30, 60, 90, 120 und 180 Minuten bei Temperaturbeanspruchung nach DIN 4102 Blatt 2, Ausgabe 1970. Die Darstellungen zeigen deutlich, daß beim Gasbeton nicht nur die Temperaturen auf der dem Feuer abgekehrten Seite, sondern auch die Temperaturen auf der Feuerseite – die ersten fünf Millimeter der Wand vielleicht ausgenommen – bei vergleichbarer Wanddicke erheblich niedriger liegen als beim Normalbeton. Die hier wiedergegebenen Temperaturverläufe stellen Mittelwerte dar, die aus mehreren Versuchen gewonnen wurden. Sie widerlegen im übrigen die in [14] behandelten Zusammenhänge, wonach infolge Wärmestaus in den ersten, dem Feuer zugekehrten 3 cm die Temperaturen im Gasbeton höher liegen sollen als im Normalbeton; siehe hierzu auch Bilder 10 und 19. Höhere Temperaturen infolge Wärmestaus können beim Gasbeton allenfalls in den ersten 5 mm vermutet werden, was wegen der Struktur des Gasbetons bei den üblich an-

²⁾ siehe Fußnote ¹⁾ Seite 5

Stahlbeton B 300



Gasbeton GS 50

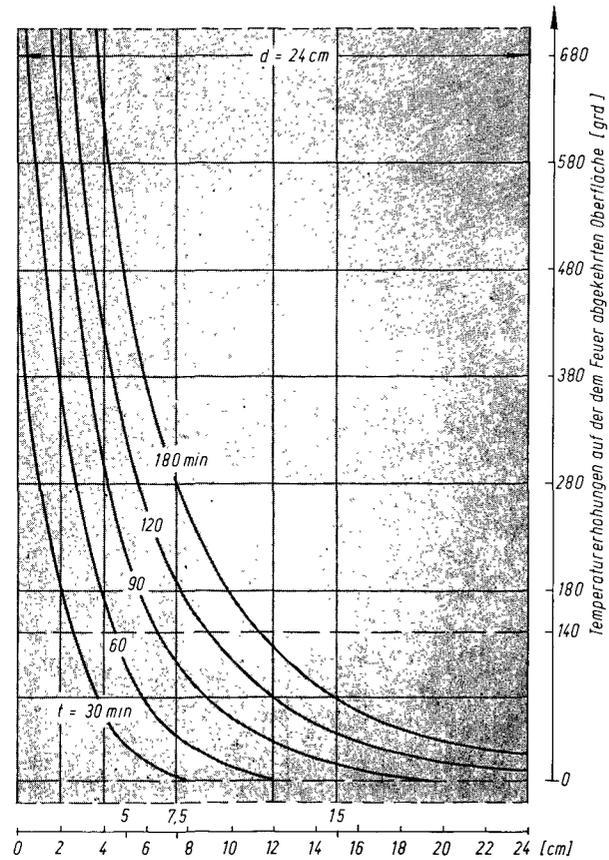


Bild 1: Temperaturverteilung in Stahlbeton- und Gasbeton-Wänden außerhalb von Fugen und Anschlüssen bei Temperaturbeanspruchung nach DIN 4102 ($\gamma_{\text{Stahlbeton}} \approx 2450 \text{ kg/m}^3$, $\gamma_{\text{Gasbeton}} \approx 600 \text{ kg/m}^3$)

gewandten Meßmethoden jedoch schwer nachzuweisen ist. Für die Praxis sind die Temperaturen in den ersten 5 mm brandschutztechnisch jedenfalls nicht von Bedeutung; der Temperaturverlauf in dieser Oberflächenschicht kann daher außerhalb der weiteren Betrachtungen bleiben.

Temperaturerhöhungen auf der dem Feuer abgekehrten Seite von Wänden mit geschlossenen Fugen

Die für raumabschließende Wände sehr wichtigen Temperaturerhöhungen auf der dem Feuer abgekehrten Seite sind in Bild 2 in Abhängigkeit von der Wanddicke in Streubereichen für 90, 120 und 180 Minuten Beanspruchungsdauer dargestellt. Der untere Bereich des jeweiligen Streubereiches erfaßt überwiegend Temperaturmeßstellen auf dem Gasbeton, der jeweils obere Bereich Meßstellen auf Fugen oder im Fugenbereich. Die Stein- oder Platten-Fugen sind hierbei nach den in Tafel 5 und die Anschlußfugen zu anderen Bauteilen nach den in den Bildern 3 bis 5 gezeigten Grundsätzen auszubilden, d. h.:

1. Fugen und Anschlüsse bei Blocksteinen oder Platten mit Mörtel der Gruppen I bis III DIN 1053 bei üblichen Fugenbreiten oder
2. Fugen und Anschlüsse bei Planblocksteinen mit „plastifiziertem Zementmörtel für Plansteinmauerwerk“ (Trockenmörtel) – auch Planblockmörtel genannt – bei Fugenbreiten von 1 bis 2 mm, maximal von 5 mm, oder
3. Fugen und Anschlüsse bei Steinen oder Platten mit einem anorganischen, feuerfesten Spezialkleber, z. B. der Firma Cordes & Co, Minden,

„Orba – E 450“: 2-Komponenten-Kleber auf Silikatbasis, der bei Raumtemperaturen chemisch und bei höheren Temperaturen keramisch erhärtet, oder

4. Anschlüsse mit Haltewinkeln nach Bild 3 (Beispiel 3), wobei die Anschlußfugen dicht, z. B. mit Mineralwolle der Baustoffklasse A (nichtbrennbar) ausgestopft sind, oder
5. Anschlüsse bei liegenden Wandplatten nach den Bildern 4 und 5.

Bild 4: Fuge ohne Fugenverguß; Fuge ist mit Mineralfaser der Baustoffklasse A dicht ausgestopft; Platten werden durch Flachstahlhalterungen gehalten.

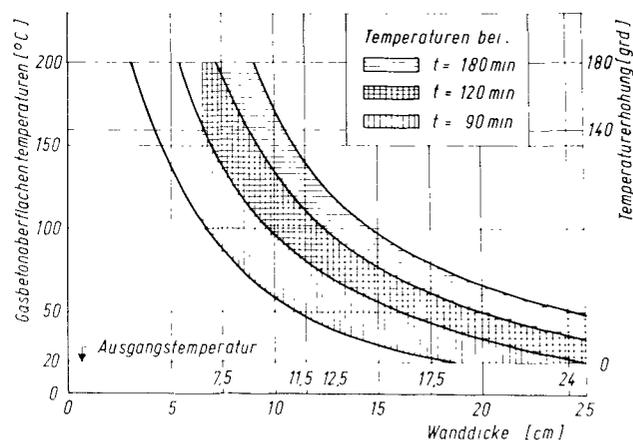


Bild 2: Temperaturen auf der dem Feuer abgekehrten Seite von unverputzten Gasbeton-Wänden bei Fugen und Anschlüssen nach Bild 3 bis 5 und Tafel 5

Tafel 5: Erforderliche Wanddicken d_0 von Gasbetonwänden für die Erfüllung der Forderung vorh $\Delta T \leq$ zul $\Delta T = 140/180$ grad

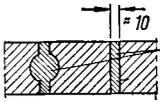
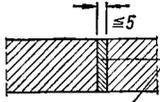
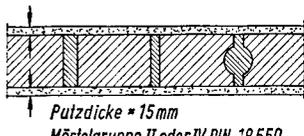
Zeile	Wandart	Wand-Fugen-Bereich Maße [mm]	Anschlüsse nach	erforderliche Wanddicke d_0 [mm] ($\Delta T \leq$ zul $\Delta T = 140/180$ grad) für eine Feuerwiderstandsdauer von				
				30 min	60 min	90 min	120 min	180 min
1	unverputzte bewehrte oder unbewehrte Wände aus Gasbeton-Blocksteinen oder -Bauplatten	 Gasbeton	Bild 3 bis 5	50	50	75	100	115
2		 Mörtelgruppe I-III DIN 1053		50	50	75	100	115
3		 Spezialkleber oder -Mörtel  Mörtelgruppe III		50	50	75	100	115
4		 Putzdicke = 15 mm Mörtelgruppe II oder IV DIN 18 550		50	50	50	75	100
5	verputzte oder unverputzte Wände nach Zeile 1 bis 4		Bild 6	75	100	125	150	240

Bild 5: Fuge mit Fugenverguss der Mörtelgruppe II oder III DIN 1053; Fugenbewehrung mit Spirale oder Durchlaufstab; Halterungen aus Schlaufen o. ä.

Die Anschlußfugen werden am Ende mit einer Fugenmasse geschlossen, die auch aus Baustoffen der Klasse B 2 bestehen kann.

Temperaturerhöhungen auf Anschlüssen aus montierbaren Stahlprofilen

Werden Anschlüsse aus montierbaren Stahlprofilen nach Bild 6 verwendet, so wird die maximale Temperaturerhöhung auf der dem Feuer abgekehrten Seite allein durch die Wärmebrücken der Anschlüsse bestimmt. Die Wärmebrücken bestehen hier aus Halblechen, die nur alle 600 mm angeordnet sind. Je dicker eine Wand ist, desto länger ist der Weg, den die Wärme von der Feuerseite zur feuerabgekehrten Seite zurücklegen muß. Die maximale Temperaturerhöhung auf der dem Feuer abgekehrten Seite hängt daher nicht nur von der Ausbildung der Wärmebrücke, sondern auch von der Halblechllänge oder Wanddicke ab. Bild 7 gibt Temperaturmessungen wieder, die bei verschiedenen dicken Wänden an solchen Wärmebrücken durchgeführt wurden.

Ertorderliche Wanddicken

Faßt man alle bisher bekannten Erfahrungen zusammen, so müssen für nichttragende Wände aus Gasbeton in Abhängigkeit von Fugen- und Anschlußausbildung die in Tafel 5 zusammengestellten Mindestwanddicken gefordert werden, wenn die Temperaturerhöhung auf der dem Feuer abgekehrten Seite die zulässigen Werte von 140/180 grad nicht überschreiten soll.

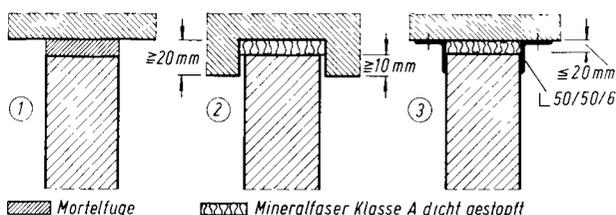


Bild 3: Beispiele für Wandanschlüsse von Gasbeton-Wänden (oben, unten und/oder seitlich)

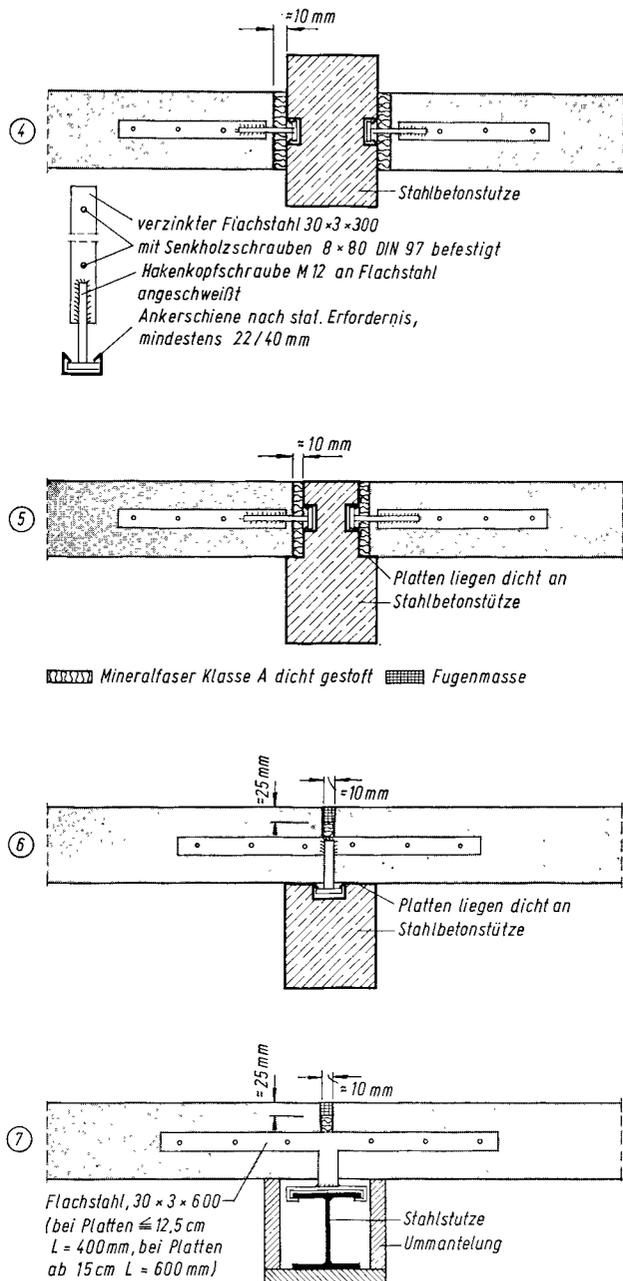


Bild 4: Beispiele für Wandanschlüsse ohne Fugenverguß bei Gasbeton-Wänden aus liegend angeordneten Wandplatten

4.1.2. Widerstandsfähigkeit gegen Stoßbeanspruchung nach DIN 4102

Über die Widerstandsfähigkeit von Wänden gegen Stoßbeanspruchung nach DIN 4102 Blatt 2, Abschn. 5.2.6 – Pendelstöße mit Stoßenergien von 2 kpm – wurde bereits berichtet [15]. Danach hängt die Widerstandsfähigkeit im wesentlichen von folgenden Einflußgrößen ab:

1. Vom elastischen Verhalten (Rückfederungsvermögen) des Wand-Baustoffes (Festigkeit, E-Modul, Oberfläche, Raumgewicht) sowie
2. vom elastischen Verhalten der Wandkonstruktion
 - a) Form, Verbund (Bewehrung), Abmessungen,
 - b) Dicke, Stützweite, Schlankheit,
 - c) Lagerung sowie
 - d) Belastungsart und -grad.

Die Widerstandsfähigkeit der hier zur Diskussion stehenden nichttragenden Gasbetonwände wird in erster Linie von der Wanddicke beeinflusst. Je dünner eine Wand wird, desto weniger widerstandsfähig wird sie und desto mehr spielen auch Verbund (z. B. Bewehrung) und Lagerung eine Rolle. Es muß außerdem unterschieden werden, ob es sich um verputzte oder unverputzte Wände handelt. Belastete – im allgemeinen gleichzeitig dickere – Wände verhalten sich bei Stoßbeanspruchung mit 2 kpm stets besser als unbelastete Wände.

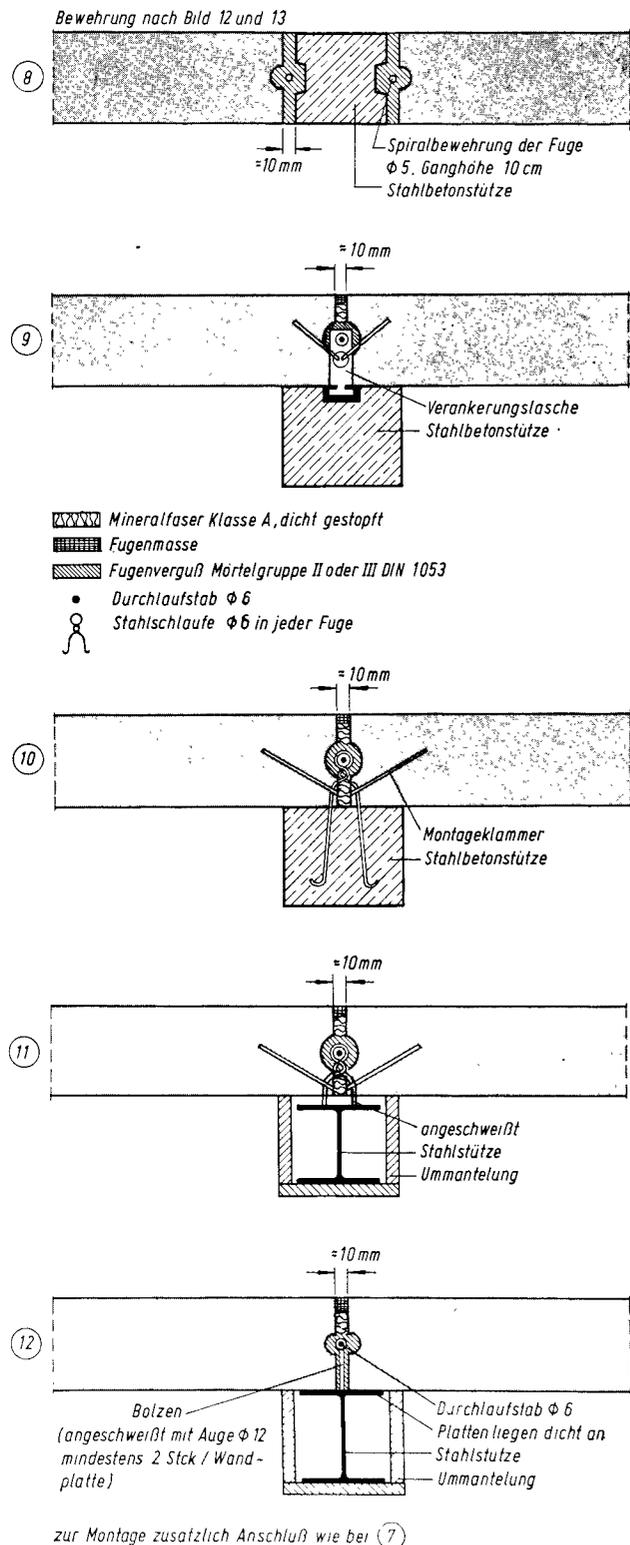
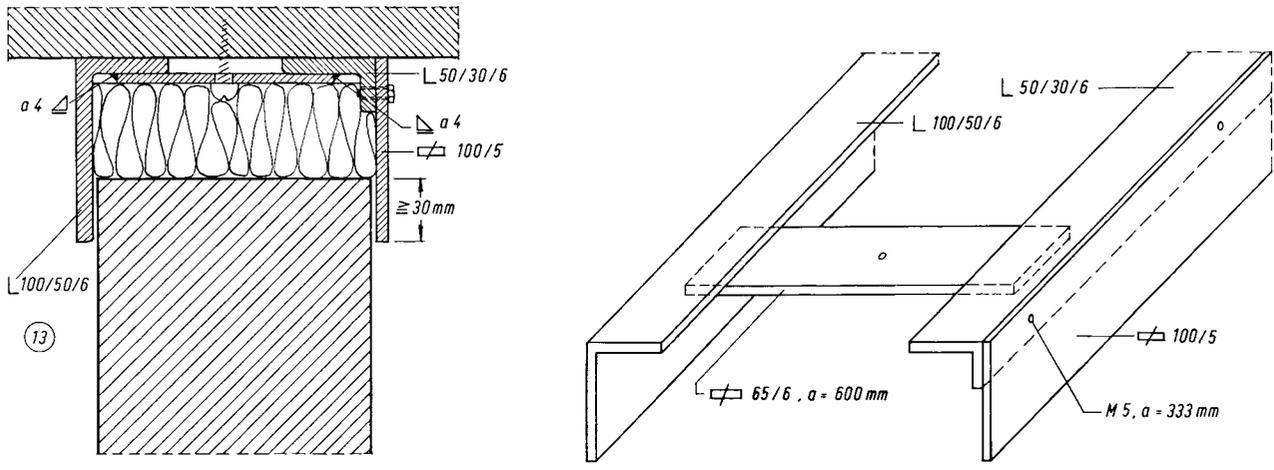


Bild 5: Beispiele für Wandanschlüsse mit Fugenverguß bei Gasbeton-Wänden aus liegend angeordneten Wandplatten



Mineralfaser Klasse A dicht gestopft

Bild 6: Beispiel für einen Wandanschluß von nichttragenden Gasbeton-Wänden mit montierbaren Stahlprofilen (oben, unten und/oder seitlich)

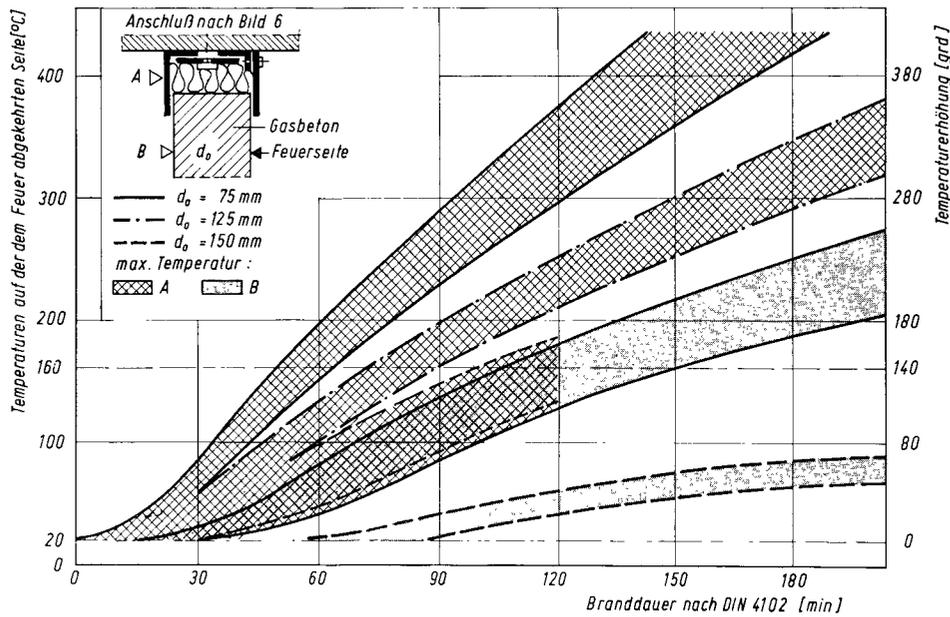


Bild 7: Temperaturen an Anschlüssen aus montierbaren Stahlprofilen im Vergleich zu Gasbetonbereichen

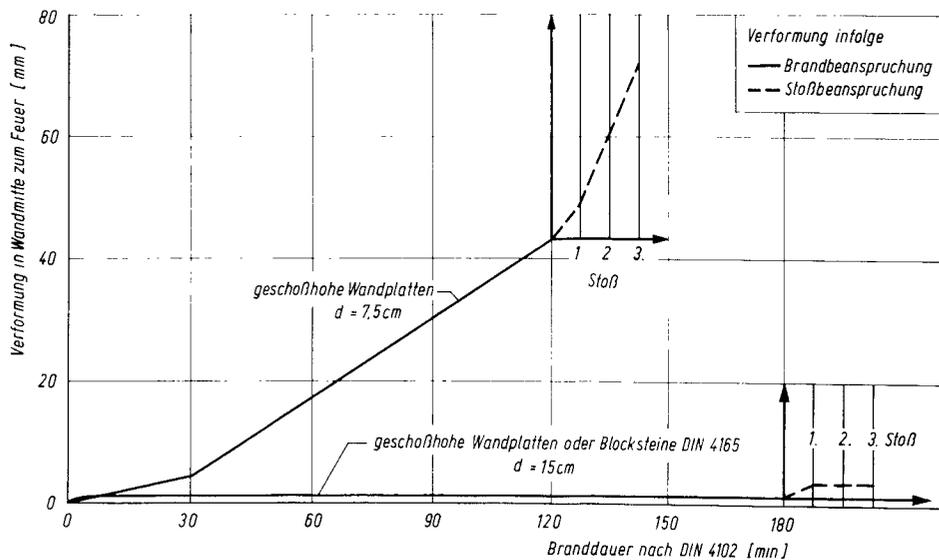


Bild 8: Wandverformungen infolge Brand und Stoß von unbelasteten, 2,75 m hohen Wänden aus Wandplatten GSB 35 und Blocksteinen nach DIN 4165

In Bild 8 sind Verformungen in Wandmitte von 2,75 m hohen, zweiseitig gelagerten Wänden dargestellt. Die Verformungen von nur 7,5 cm dicken Wänden sind hier bereits beachtlich groß und erreichen Werte, die in der Größenordnung der Wanddicke liegen. Für gleich dicke Wände mit größeren Wandhöhen sind ungünstigere Werte zu erwarten, weshalb in solchen Fällen eine Vergrößerung der Wanddicke angebracht erscheint. Bild 8 zeigt weiter, daß die Verformungen bei Wanddicken von 15 cm klein und unbedeutend sind. Entscheidend für eine Beurteilung nach DIN 4102 können hinsichtlich der Widerstandsfähigkeit

gegen Stoß daher nur Wanddicken < 15 cm werden. Aufgrund dieser Versuchsergebnisse und der Erfahrungen nach [15] müssen für nichttragende Wände die in Tafel 6 zusammengestellten Mindestwanddicken gewählt werden, wenn kein Versagen infolge Stoßbeanspruchung nach dem Brand eintreten soll. Die für 30 und 60 Minuten Brandbeanspruchung geforderten Wanddicken sind eingeklammert, da nach den Forderungen von DIN 4102 hier keine Widerstandsfähigkeit gegen Stoß vorliegen muß – es genügt, wenn hier eine Restdicke von 10 mm nach dem Brand nachgewiesen wird, s. auch 5. in Abschn. 3.1.1.

Tafel 6: Erforderliche Wanddicken d_0 von nichttragenden Gasbetonwänden für eine ausreichende Widerstandsfähigkeit gegen Stoß nach DIN 4102 Blatt 2

Zeile	Ausführung	Wandart (Fugen und Anschlüsse nach Bild 3 bis 6 und Tafel 5)	Lagerung	Erforderliche Wanddicke d_0 [mm] (ausreichender Widerstand gegen Stoß) für eine Feuerwiderstandsdauer von				
				30 min	60 min	90 min	120 min	180 min
1	unverputzt	unbewehrte Wände aus Gasbeton-Blocksteinen oder -Bauplatten	2seitig	(75)	(75)	100	115	125
2			4seitig ²⁾	(50)	(50)	75	100	115
3	verputzt ¹⁾		2seitig	(50)	(50)	75	75	100
4			4seitig ²⁾	(50)	(50)	50	75	100
5	unverputzt	Wände aus geschoßhohen oder liegend angeordne- ten bewehrten Gasbeton- Wandplatten	2- oder 4seitig	(50)	(50)	75	100 ³⁾	115
6	verputzt ¹⁾			(50)	(50)	50	75	100

¹⁾ beidseitig verputzt mit 15 mm Putz Mörtelgruppe II bis IV DIN 18 550

²⁾ Anschlüsse nach DIN 4103, Wandaussteifungen mindestens alle 3 m

³⁾ Für Wandhöhen $\leq 2,75$ m dürfen auch 75 mm Wanddicke gewählt werden

Tafel 7: Mindestwanddicken d_0 von nichttragenden Wänden aus dampfgehärtetem Gasbeton für die Feuerwiderstandsklassen F 30 bis F 180 und die Widerstandsklassen W 30 bis W 90 nach DIN 4102 Blatt 2 und 3, Ausgabe Februar 1970.

Vorschlag für DIN 4102 Blatt 4, zukünftige Fassung

Zeile	Ausführung	Wandart (Fugen nach Tafel 5)	Wand- anschlüsse nach	Wand- lagerung	Erforderl. Mindestwanddicken d_0 [mm] für die Feuerwider- standsklassen				
					F 30 W 30	F 60 W 60	F 90 W 90	F 120	F 180
1	unverputzt	unbewehrte Wände oder Brüstungen aus Block- steinen, Planblocksteinen oder Bauplatten	Bild 3 bis 5	2seitig	50	50	100	115	125
2				4seitig ¹⁾	50	50	75	100	115
3	beidseitig 15 mm Putz Mörtelgr. II bis IV DIN 18 550			2seitig	50	50	75	75	100
4				4seitig ¹⁾	50	50	50	75	100
5	unverputzt	Wände aus geschoßhohen oder liegend angeordne- ten bewehrten Wandplat- ten sowie entspr. ausge- führte Brüstungen	Bild 3 bis 5	2- oder 4seitig	50	50	75	100	115
6	verputzt nach Zeile 3 bis 4				50	50	50	75	100
7	verputzt oder unverputzt	Wände bzw. Brüstungen nach Zeile 1 bis 6	Bild 6	2- oder 4seitig	75	100	125	150	240

¹⁾ Anschlüsse nach DIN 4103, Wandaussteifungen (z. B. aussteifende Querwände) mindestens alle 3 m

Da auch bei den dünnsten Gasbeton-Wänden nach einer Brandbeanspruchung von 30 und 60 Minuten immer eine Restdicke > 10 mm vorhanden ist, scheiden die eingeklammerten Werte für die Klassifizierung nach DIN 4102 ganz aus.

4.1.3. Mindestwanddicken nichttragender Gasbetonwände für die Feuerwiderstandsklassen F 30 bis F 180 nach DIN 4102 Blatt 2 und für die Widerstandsklassen W 30 bis W 90 nach DIN 4102 Blatt 3

Faßt man die Erfahrungen der Abschn. 4.1.1 und 4.1.2 zusammen, so ergeben sich aus der Überlagerung der Werte der Tafeln 5 und 6 die in Tafel 7 zusammengestellten Mindestwanddicken, wenn nichttragende Gasbetonwände (Güteklasse \geq GS 25 oder \geq GSB 35) in Feuerwiderstandsklassen nach DIN 4102 Blatt 2, Ausgabe Februar 1970, eingestuft werden sollen. Tafel 7 erweitert damit wesentlich die in DIN 4102 Blatt 4, Ausgabe Februar 1970, gemachten Angaben.

Da die Anforderungen nach DIN 4102 Blatt 2 an nichttragende Wände schärfer sind als die Anforderungen nach Blatt 3 an nichttragende und nichtausteisende Außenwandelemente, Brüstungen o. ä., gelten die Mindestwanddicken nach Tafel 7 automatisch auch für die Widerstandsklassen W 30 bis W 90.

4.2. Brand- und Stoßverhalten von tragenden Wänden

Für tragende Wände gelten hinsichtlich der Temperaturen im Gasbeton, der Temperaturerhöhungen auf der dem Feuer abgekehrten Seite – auch an Fugen und Anschlüssen – und der Widerstandsfähigkeit

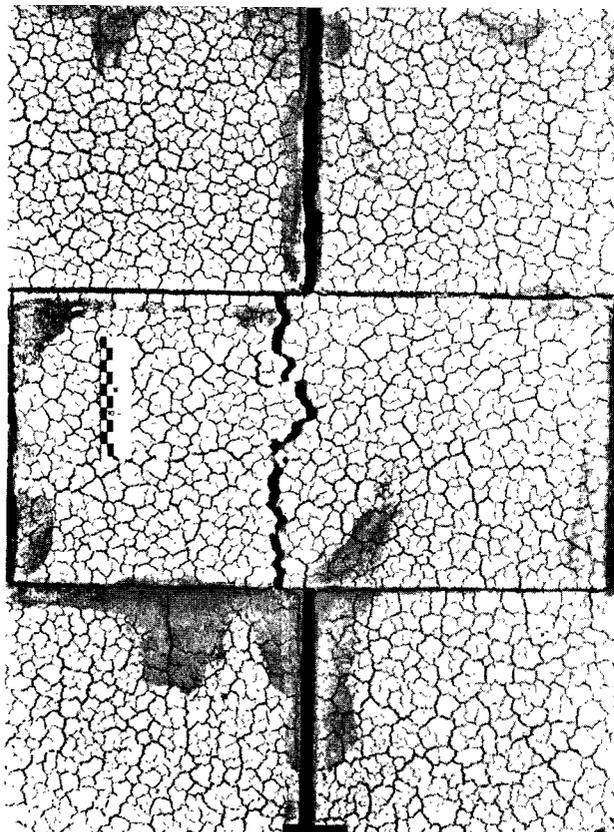


Bild 9: Gasbetonoberfläche nach der Brandbeanspruchung (Der in Bildmitte senkrecht verlaufende Riß im Stein- und Fugenbereich wurde durch Stoßbeanspruchung verursacht.)

gegen Stoßbeanspruchung zunächst grundsätzlich alle in Abschn. 4.1 für nichttragende Wände gemachten Aussagen. Hinzu kommt jetzt das Tragverhalten unter Belastung, wobei die beim Brand auftretende Zermürbung auf der Brandseite, die Materialfestigkeit, Höhe der Belastung, Wandschlankheit usw. von Einfluß sind.

4.2.1. Zermürbte Schicht

Steine und Platten aus Gasbeton sowie auch die Fugen zwischen den Bauelementen erfahren mit steigender Temperatur eine Zermürbung, die auch optisch durch Verfärbung und Aufreißen des Materials zu erkennen ist: Die dem Brand unmittelbar zugekehrte randnahe Zone wird heller, verfärbt sich teilweise rosa und bildet netzartig verteilte Risse (Bild 9). Auch die tiefer liegenden Zonen zeigen noch Verfärbungen. Die von der Oberfläche ausgehende Rißbildung kann mit bloßem Auge je nach Branddauer jedoch nicht weit verfolgt werden. Bei 90 Minuten Branddauer wurden Risse bis etwa 2 cm, bei 180 Minuten Branddauer bis etwa 4 cm Tiefe festgestellt. Bei Wänden mit gut haftendem Putz traten wesentlich dünnere Zermürbungsschichten auf.

Trägt man alle mit bloßem Auge festgestellten Zermürbungsdicken in Abhängigkeit von der Branddauer auf, so ergibt sich der in Bild 10 dargestellte Streubereich. Projiziert man in diesen Streubereich die Gasbetontemperaturen in Abhängigkeit von Schichtdicke und Branddauer, so ergibt sich eine Temperaturkurvenschar, die affin zum Streubereich der zermürbten Schichtdicke verläuft (Bild 10).

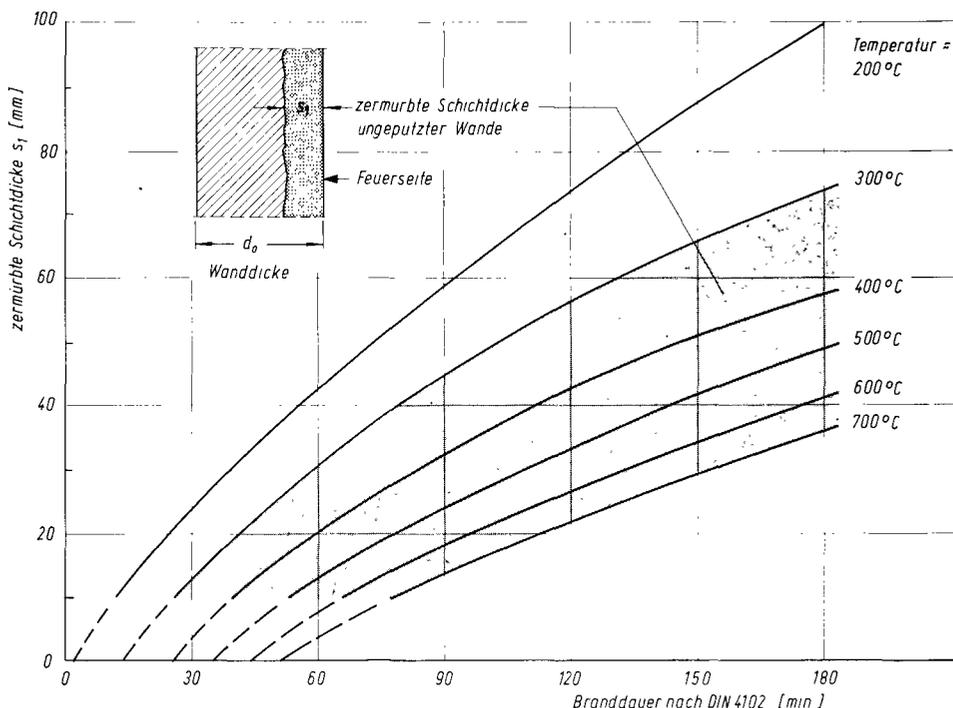
Aufgrund der bisher gesammelten Erfahrungen kann beim Gasbeton von einer bautechnisch spürbaren Zermürbung erst gesprochen werden, wenn die Gasbetontemperaturen ≥ 500 °C werden. Nach Bild 10 tritt diese Zermürbung erst nach 30 Minuten Branddauer nach DIN 4102 ein und erreicht nach 180 Minuten eine Tiefe von rd. 4 bis 5 cm. Bei Gasbetonbauteilen mit gut haftendem Putz war die zermürbte Schicht nach 180 Minuten im Mittel nur 1 cm dick.

4.2.2. Druckfestigkeit

Entsprechend der Zermürbung tritt auch ein Festigkeitsverlust des Materials auf. Da Gasbeton aufgrund gleicher oder ähnlicher Ausgangsstoffe wie beim Normalbeton u. a. aus Calcium-Silikat-Verbindungen besteht, kann angenommen werden, daß Zermürbung und Festigkeitsabfall in Abhängigkeit von der Temperatur ähnlich verlaufen wie beim Normalbeton [16]. Danach muß mit einem Festigkeitsabfall von etwa 20% bei rd. 400 °C und einem Abfall von etwa 50% bei rd. 600 °C gerechnet werden. Da systematische Festigkeitsuntersuchungen mit Gasbeton bei höheren Temperaturen bisher nicht durchgeführt worden sind, können die genannten Festigkeitsverluste hier natürlich nur als Anhalt dienen.

Anhaltswerte über den Festigkeitsabfall geben auch einige Druckfestigkeitsprüfungen an Steinen oder Würfelproben aus Platten im gebrannten und ungebrannten Zustand. Die gebrannten Steine oder Proben stammten aus Brandversuchen an Wänden. Die Prüfungen erfolgten nach DIN 4165. Die Druckrichtung (p_0) war gleichlaufend zur Beanspruchung in der Wand. Die Versuchsergebnisse sind in den Spalten 3–6 der Tafeln 8 und 9 zusammengestellt. Der Festigkeitsabfall betrug rd. 20 bis 40% bei unverputzten

Bild 10: Zermürbte Schichtdicke und Temperaturen in Gasbetonwänden bei Brandbeanspruchung nach DIN 4102



und rd. 5 bis 15% bei verputzten Proben. In einem Fall konnte nachgewiesen werden, daß die zermürbte Schicht selbst unter Belastung p_1 (Bild 11) noch eine Restfestigkeit von rd. 50% der Ausgangsfestigkeit besaß. Da die Ausgangsbedingungen wie Wanddicke, Branddauer, Ausgangsfestigkeit usw. bei allen Prüfungen unterschiedlich waren, ist es nicht möglich, hier genauere Gesetzmäßigkeiten anzugeben.

Der Festigkeitsabfall ist in Bild 11 prinzipiell für ver-

putzte und unverputzte Steine bzw. Wände dargestellt. Der einseitige Abfall führt naturgemäß zu einer exzentrischen Belastung. Die Ausmittigkeit beträgt dabei rechnerisch $s/2$, wenn mit s die Dicke der völlig zermürbten, überhaupt nicht mehr tragfähigen Schicht angegeben wird. Da die zermürbte Schicht aber immer noch eine bestimmte Restfestigkeit besitzt, ist nicht die leicht zu errechnende Spitzenspannung $\sigma'_s = \sigma_{\text{Rand}}$ für die Wanddicke $(d_0 - s)$, sondern

Tafel 8: Steindruckfestigkeiten, Beanspruchungsgrößen und Feuerwiderstandsdauer verputzter und unverputzter Wände aus Blocksteinen entsprechend DIN 4165 und Planblocksteinen gemäß Zulassungsbescheid (Bezeichnungen siehe Bild 11)

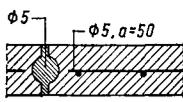
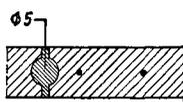
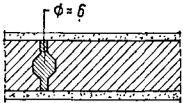
Versuch	Ausführung	Wanddicke d_0 [cm]	Gasbetondruckfestigkeit (infolge p_0)				Mörtelgruppe DIN 1053	$\lambda = h/d_0$	σ_0 (infolge P_0) [kp/cm ²]	F-Dauer ²⁾ (Standfestigkeit) [min]	zermürbte Schichtdicke s_1 od. s_2 [mm]	σ'_s (infolge P_0) [kp/cm ²]	Bruchbeanspruchung		
			bei $t = 0$ $\beta_{\text{Anfg.}}$	nach t min Branddauer		[°/°] bezogen auf Spalte 3							P_{Br}	σ_{Br}	σ'_s
			[kp/cm ²]	[min]	[kp/cm ²]								[Mp/m]	[kp/cm ²]	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	unverputzt	11,5	23	62	16	70	II	21,6	3 ¹⁾	62	13–21	5–6	3,4	3	5–6
2		12,5	34	54	25	74	III	21,6	5 ¹⁾	54	10–18	7–9	6,2	5	7–9
3		15	34	180	20 ²⁾	59	II	13,4	3	> 180	48–58	11–14	–	–	–
4		15	21	180	15	71	II	13,4	3	> 180	48–58	11–14	12	8	28–38
5		20	59	180	49	83	II	10,0	7	> 180	48–58	18–22	–	–	–
6		24	51	180	39	76	II	8,3	3	> 180	48–58	7–8	–	–	–
7	15 mm Putz MGr II DIN 18 550	20	34	180	33	97	II	11,0	5	> 180	0–10	5–6	–	–	–
8		20	42	180	36	86	II	11,0	5	> 180	0	5–6	–	–	–
9		20	55	180	47	85	II	11,0	7	> 180	0–20	7–9	–	–	–

¹⁾ Wand darf nach DIN 1053 bei der angegebenen Schlankheit nicht belastet werden

²⁾ Druckfestigkeit der zermürbten Schicht (infolge p_1) = 17 kp/cm² = 0,5 β_{Anfang}

³⁾ > 180 bedeutet: Brandversuch wurde nach 180 min abgebrochen

Tafel 9: Gasbetondruckfestigkeit, Beanspruchungsgrößen und Feuerwiderstandsdauer verputzter und unverputzter Wände aus geschoßhohen Wandtafeln aus Gasbeton \approx GSB 35 (Bezeichnungen siehe Bild 11)

Versuch	Ausführung	Wanddicke d_0 [cm]	Gasbetondruckfestigkeit ¹⁾ (infolge p_0)				Querschnitt: Plattenbreite = 50 cm Fugenverguß MGr III [cm]	$\lambda = h/d_0$	σ_0 infolge P_0 [kp/cm ²]	F-Dauer (Standfestigkeit ³⁾) [min]	zermürbte Schichtdicke s_1 od. s_2 [mm]	σ'_s infolge P_0 [kp/cm ²]	Bruchbeanspruchung infolge P_{Br}		
			bei $t=0$ $\beta_{Anfg.}$ [kp/cm ²]	nach t min Branddauer $\beta_{Ende}^2)$ [kp/cm ²]	[%]bezogen auf Spalte 3	P_{Br} [Mp/m]							σ_{Br} [kp/cm ²]	σ'_s [kp/cm ²]	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	unverputzt	12,5	48	90	-	-		21,6	5	>90 ⁴⁾	24-33	7-9	6,2	5 ⁴⁾	>(7-9) ⁴⁾
2		12,5	48	90	-	-	$F_2 3 \phi 5 St.I$	21,6	3	>90	24-33	6-8	-	-	-
3		15	30	90	-	-		15	4	>90	24-33	7-9	27	18	34-43
4		15	43	180	30	70		15	5	>180	48-58	11-14	-	-	-
5	15 mm Putz MGr II DIN 18 550	15	unbekannt	90	-	-		14,3	5	>90	0	5	26,1	17,4	17,4
6		20		90	-	-	ohne Bewehrung	10,8	5	>90	0	5	43	21,5	21,5

¹⁾ geprüft an wanddicken Proben mit 15 cm x 15 cm Querschnitt
²⁾ β_{Ende} wurde nur bei einem Versuch ermittelt

³⁾ >90 bedeutet: Brandversuch wurde nach 90 min abgebrochen
⁴⁾ Wand stürzt, noch unter Last stehend, nach 135 min ein

die etwas kleinere, schwer zu bestimmende Spannung σ_s für den Stein- oder Wandbruch maßgebend (Bild 11). Die Spannung σ'_s gibt jedoch sicherlich einen Anhalt über die Größenordnung der Spannung σ_s .

4.2.3. Feuerwiderstandsdauer mittig belasteter Wände

In den Tafeln 8 bis 9 ist jeweils in Spalte 10 die Feuerwiderstandsdauer einiger mittig belasteter Wände angegeben, deren Kennwerte in den Spalten 1 bis 9 zusammengestellt sind. In Spalte 11 ist die nach Augenschein festgestellte zermürbte Schichtdicke angegeben, woraus sich bei konstant gehaltener Wandbelastung P_0 bzw. σ_0 die Spitzenspannung σ'_s errechnet (vgl. Spalte 12). In den Spalten 13 bis 15 sind die Wandbruchbeanspruchungsgrößen der untersuchten Wände wiedergegeben. Einige Wände verloren ihre Tragfähigkeit während der Brandbeanspruchung. Einige Wände wurden nach dem Brandversuch bis zum Bruch belastet. Einzelheiten hierzu siehe Spalten 7 bis 15 in den Tafeln 8 und 9.

Die Tafeln zeigen u. a., daß bei tragenden, mittig belasteten Wänden

1. die Wanddicke unverputzter Wände mindestens 115 mm für F 30 und im allgemeinen mindestens 150 mm für F 90 betragen muß (diese Werte sind also größer als die Mindestwerte, die z. Z. nach DIN 4102 Blatt 4, Ausgabe Februar 1970, gefordert werden),

2. sich geschoßhohe, bewehrte Platten günstiger verhalten als Steine mit Mörtelfugen,

3. bei Wanddicken ≥ 150 mm und Wandschlankheiten $\lambda = h/d \leq 15$ auch nach 180 Minuten Branddauer noch erhebliche Tragreserven vorhanden sind.

Dabei verhalten sich verputzte Wände bei gut haftendem Putz grundsätzlich besser als unverputzte Wände. Die Ermittlung der Spannungen σ_{Br} sowie σ'_s infolge P_0 und P_{Br} geben hier eine Hilfe für eine allgemeine Beurteilung; die Stein- bzw. Materialdruckfestigkeiten β_{Anfang} und β_{Ende} ergänzen die gefundenen Ergebnisse (siehe Tafeln 8 und 9).

Die Wandverformungen während der Brandbeanspruchung waren meistens gering, im allgemeinen < 5 mm in Wandmitte.

4.2.4. Feuerwiderstandsdauer ausmittig belasteter Wände

Planmäßig ausmittig belastete Gasbetonwände wurden bisher nur bis 90 Minuten Branddauer zum Nachweis der Eignung als „Brandwand“ geprüft (siehe Abschn. 4.3). Die Ausmittigkeit betrug bei unverputzten Wänden $c = d_0/6$, so daß am Wandrand 1 $\sigma_{\text{Rand 1}} = 0$ und am Wandrand 2 $\sigma_{\text{Rand 2}} = \text{zul}\sigma$ nach den einschlägigen Vorschriften herrschte (vgl. auch Bild 14 und Tafel 12). Die Versuche ergaben u. a., daß bei der angegebenen Ausmittigkeit

1. Wände aus Steinen mit Wanddicken ≥ 240 mm bei einer Randspannung von 6 kp/cm^2 und

2. Wände aus bewehrten Wandplatten mit Wanddicken ≥ 175 mm bei einer Randspannung von 5 kp/cm^2

noch die Anforderungen der Feuerwiderstandsklasse F 90 erfüllen.

Die Wandverformungen während der Brandbeanspruchung waren trotz der planmäßigen Ausmittigkeit meistens gering, im allgemeinen < 5 mm in Wandmitte.

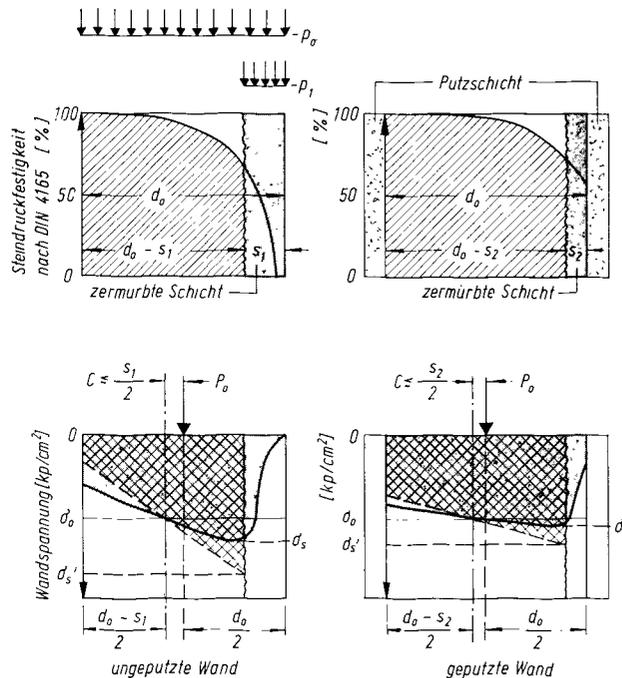


Bild 11: Stendruckfestigkeiten und Wandspannungen bei Gasbeton (Prinzip)

4.2.5. Mindestwanddicken tragender Gasbetonwände für die Feuerwiderstandsklassen F 30 bis F 180 nach DIN 4102 Blatt 2

Mindestwanddicken nach DIN 4102 Blatt 4, Ausgabe Februar 1970

Im z. Z. gültigen Blatt 4, DIN 4102, Ausgabe Februar 1970, werden zwischen tragenden und nichttragenden – mittig oder ausmittig belasteten – Wänden keine Unterschiede gemacht; es fehlen auch Angaben über Schlankheit und zulässige Belastungshöhe. Zum Beispiel heißt es in Abschn. 5.1.4 lediglich:

„Als feuerbeständig (Feuerwiderstandsklasse F 90) gelten ohne besonderen Nachweis:
Wände (auch ohne Putz)

5.1.4. mindestens 100 mm dick aus Gasbeton oder Schaumbeton nach DIN 4164 mit einer Druckfestigkeit von mindestens 35 kp/cm^2 .“

Die vorstehenden Ausführungen zeigen, daß diese – z. Z. noch gültige – sehr einfache und pauschale Aussage nicht mehr ausreicht. Für die zukünftige Neufassung von Blatt 4 wird für mittig und ausmittig belastete Wände daher folgendes vorgeschlagen:

Mittig belastete Wände

Nach den Erfahrungen der Abschnitte 4.2.1 bis 4.2.3 ergeben sich die in Tafel 10 zusammengestellten

Tafel 10: Mindestwanddicken d_0 von tragenden, mittig belasteten Wänden aus dampfgehärtetem Gasbeton für die Feuerwiderstandsklassen F 30 bis F 180 nach DIN 4102 Blatt 2, Ausgabe Februar 1970

Vorschlag für DIN 4102 Blatt 4, zukünftige Fassung

Wandart	Mörtelgruppe DIN 1053	Zulässige Wandspannung σ_0 nach DIN 1053 ²⁾ [kp/cm ²]	Erforderliche Mindestdicken d_0 [mm] für die Feuerwiderstandsklassen ³⁾				
			F 30	F 60	F 90	F 120	F 180
unbewehrte Wände aus Blocksteinen oder Planblock- steinen	I	3 oder 4	115 (115)	115 (115)	150 (115)	150 (115)	150 (125)
	II	5 oder 6	115 (115)	150 (115)	150 (115)	150 (125)	175 (150)
	III ¹⁾	7 oder 10	150 (115)	150 (115)	150 (125)	175 (150)	200 (175)
Wände aus bewehr- ten geschoßhohen Wandtafeln	Fugen und Vergußkern $\phi \geq 50$: III ¹⁾	3 oder 4	115 (115)	115 (115)	125 (115)	150 (115)	150 (125)
		5 oder 6	115 (115)	125 (115)	150 (115)	150 (125)	175 (150)
		7 oder 10	125 (115)	150 (115)	150 (125)	175 (150)	200 (175)

¹⁾ bzw. plastifizierter Zementmörtel

²⁾ σ_0 ist auch in Abhängigkeit von der Schlankheit zu wählen, siehe z. B. Vorschriften in DIN 1053 und Zulassungsbescheiden.

³⁾ fettgedruckte Werte gelten für unverputzte Wände

(-)Werte gelten für beidseitig mit 15 mm Putz, Mörtelgruppe II–IV DIN 18550, verputzte Wände, wobei eine gute Putzhaftung Voraussetzung ist.

Mindestwanddicken, wenn tragende, mittig belastete Wände in Feuerwiderstandsklassen nach DIN 4102 Blatt 2, Ausgabe Februar 1970, eingestuft werden sollen. Da die Wanddicken nach Tafel 10 generell größer sind als die Mindestwanddicken für nichttragende Wände nach Zeile 1 bis 6 Tafel 7, werden auch alle übrigen Forderungen – wie Einhaltung von ΔT und ausreichende Widerstandsfähigkeit gegen Stoß – erfüllt. Die Unterteilung in Tafel 10 erfolgte nach Spannungen und Mörtelgruppen, womit gleichzeitig entsprechend DIN 1053 und den Zulassungsbescheiden eine Unterteilung in Güteklassen GS 25 und GS 50 bzw. GSB 35 und GSB 50 gegeben ist.

Ausmittig belastete Wände

Wegen der geringen Anzahl von Versuchsergebnissen können die Mindestwanddicken für die Feuerwiderstandsklassen F 30 bis F 180 für ausmittig belastete Wände nicht so differenziert wie in Tafel 10 für mittig belastete Wände angegeben werden. Aufgrund aller vorliegenden Versuchsergebnisse können jedoch die Werte der Tafel 11 – auf der sicheren Seite liegend – für eine Klassifizierung als gültig angesehen werden.

Liegt planmäßige Ausmittigkeit im Bereich $0 < c < d_0/6$ vor, so darf zwischen den Werten von Tafel 10 und 11 linear interpoliert werden.

4.3. Brand- und Stoßverhalten von Brandwänden

Über das Brand- und Stoßverhalten von Brandwänden wurde allgemein bereits berichtet [5], [7]. Im folgenden wird daher speziell das Brand- und Stoßverhalten von Gasbetonwänden behandelt.

4.3.1. Brandverhalten unter planmäßig ausmittiger Belastung

Gemäß den Forderungen von DIN 4102 Blatt 3, Ausgabe Februar 1970, müssen Brandwände unter planmäßig ausmittiger Belastung bei einem 90-Minuten-Brand alle Anforderungen nach DIN 4102 Blatt 2 für die Feuerwiderstandsklasse F 90 erfüllen, ausschließlich aus Baustoffen der Klasse A bestehen und eine bestimmte Widerstandsfähigkeit gegen Stoßbeanspruchung besitzen.

Wie in Abschn. 4.2 nachgewiesen ist, erfüllen Wände aus Gasbeton zunächst alle Anforderungen der Feuerwiderstandsklasse F 90 bei ausmittiger Belastung, wenn bestimmte Mindestwanddicken eingehalten werden (Tafel 11). Grundlegend für diese Aussage sind die in Tafel 12 zusammengestellten sowie alle übrigen hier wiedergegebenen Versuchsergebnisse. In den Spalten 1 bis 8 von Tafel 12 werden Wände aus Blocksteinen, Planblocksteinen und bewehrten Platten – geschoßhoch oder liegend – beschrieben. Bewehrung, Fugen und Anschlüsse der Wände aus Platten sind in den Bildern 12 und 13 dargestellt.

Wie die Angaben in Spalte 7 und 8 der Tafel 12 zeigen, waren die Versuchswände entsprechend den in Bild 14 dargestellten Lastfällen so belastet, daß die jeweils zulässige Randspannung in einigen Fällen auf der Feuerseite, in anderen Fällen auf der dem Feuer abgekehrten Seite herrschte.

4.3.2. Stoßverhalten

Die in Tafel 12 beschriebenen Wände, die unter den angegebenen Bedingungen nach Spalte 1 bis 8 alle Anforderungen der Feuerwiderstandsklasse F 90 erfüllten, wurden nach den Brandversuchen auf der dem Feuer abgekehrten Seite Stoßbeanspruchungen in Wandmitte ausgesetzt. Die Stöße wurden als Pendelstöße ausgeführt (Bild 15). Die Stoßenergien betragen pro Stoß 100 bis 300 kpm. Die Verformungsrichtungen sind im Prinzip aus Bild 14 ersichtlich.

Tragende Wände wurden mit ihrer zulässigen Last belastet und nacheinander maximal 4 Stößen ausgesetzt: die Stöße 1 und 2 erfolgten bei Belastung (g+p) nach Lastfall 1 oder 2 (Bild 14), die Stöße 3 und 4 erfolgten im unbelasteten Zustand (Belastung nur durch Eigengewicht g). Nichttragende Wände wurden naturgemäß ohne Belastung „p“ geprüft und – nur unter Eigengewicht „g“ stehend – maximal 3 Stößen in Wandmitte ausgesetzt (Tafel 12, Zeilen 13 bis 16).

Die Widerstandsfähigkeit gegen Stoß aller untersuchten Gasbetonwände ist in Tafel 12 in den Spalten 9 bis 13 beschrieben.

Tafel 11: Mindestwanddicken d_0 von tragenden, planmäßig ausmittig belasteten Wänden aus dampfgehärtetem Gasbeton für die Feuerwiderstandsklassen F 30 bis F 180 nach DIN 4102 Blatt 2, Ausgabe Februar 1970

Ausmittigkeit $c = d_0/6$, $\sigma_{\text{Rand 1}} = 0$, $\sigma_{\text{Rand 2}} = \text{zul } \sigma$

Vorschlag für DIN 4102 Blatt 4, zukünftige Fassung

Wandart	Mörtelgruppe DIN 1053	zul. Wandspannung max σ_{Rand} nach DIN 1053 ²⁾	Erforderliche Mindestwanddicken d_0 [mm] für die Feuerwiderstandsklassen				
			F 30	F 60	F 90	F 120	F 180
unbewehrte Wände aus Blocksteinen oder Planblock- steinen	I–III ¹⁾	3– 6	150	175	200	240	300
		7–10	175	200	240	300	300
Wände aus bewehrten geschoßhohen Wandtafeln		3– 6	150	150	175	200	250
		7–10	150	175	200	250	300

¹⁾ bzw. plastifizierter Zementmörtel

²⁾ max σ_{Rand} ist auch in Abhängigkeit von der Schlankheit zu wählen, siehe z. B. Vorschriften in DIN 1053 und Zulassungsbescheiden.

Tafel 12: Widerstandsfähigkeit gegen Stoß von zweiseitig gelagerten – an Decke und Fußboden gehaltenen – Wänden aus Gasbeton nach 90 Minuten Branddauer nach DIN 4102

Versuch	Wandart						Wandbelastung		Widerstandsfähigkeit gegen Stoß nach 90 Minuten Branddauer					Klassifizierung nach DIN 4102 Bl. 3 Abschn. 3 Ausgabe 1970	
	Wanddicke [cm]	Baustoff	Güteklasse	Norm oder Zulassungsbescheid	Fugen, Mörtelgruppe DIN 1053	$\lambda = h/d$	σ_{Rand} auf der dem Feuer ab- zugekehrten Seite [kp/cm ²]	Belastung nach Spalte 7–8		Belastung nur durch Eigengewicht					
								1.	2.	3.	4.	Stoß ³⁾			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
1	17,5	Blocksteine	GS 50	DIN 4165	II	15,1	3	0	300	300	–	–	–	–	
2	24					11,0	0	6	300	300	300	–	–		
3	24					11,0	6	0	300	300	300	–	–		
4	24					11,0	6	0	200	200	200 ⁴⁾	200 ⁴⁾	–		
5	24					11,0	6	0	100	100	100	100	–		
6	30					8,8	7	0	300	300	300	300	–		„Brandwand“
7	30		GS 25			8,8	5	0	300	300	300	300	–		
8	25	Planblocksteine	GS 50	Zulassungsbescheid	III	10,6	7	0	300	300	300	300	–	„Brandwand“	
9	25					10,6	7	0	300	300	300	–	–		
10	17,5	geschoßhohe, bewehrte Wandtafeln ¹⁾	GSB 35	Zulassungsbescheid	geklebt	15,7	0	5	300	300	300	300	–	„Brandwand“	
11	17,5		GSB 50			15,7	3	0	300	300	300	300	–		
12	20		GSB 35		III	13,3	5	0	300	300	300	300	–		
13	15		GSB 35								1.	2.	3.		–
14												160	160		
15	20	liegende, bewehrte Wandplatten ¹⁾²⁾	GSB 35		geklebt, seitl. II	20	0,3	0,3	–	–	300	300	300	„Brandwand“	
16											300	300	300		

1) Ausführung nach Bild 12
 2) statt Halterung an Decke und Fußboden seitliche Anschlüsse nach Bild 13 bzw. Bild 5/Detail (8)
 3) Zahlen bedeuten Stoßenergie [kp m/Stoß]
 4) Wand federt, Raumabschluß blieb gerade noch gewahrt.

Die Widerstandsfähigkeit war von denselben Einflußfaktoren abhängig, wie sie bereits in Abschn. 4.1.2 zusammengestellt wurden. Ausmaß und Zeitpunkt der Zerstörungen waren wegen der größeren Stoßenergien – hier maximal 300 kpm gegenüber 2 kpm in Abschn. 4.1.2 – jedoch anders: Die maximalen Verformungen in Wandmitte betragen nach dem 2. Stoß 7 bis 20 mm und nach dem 3. Stoß 40 bis 80 mm, sofern der Raumabschluß nicht schon vorher verlorengegangen war. Bei der 20 cm dicken Gasbetonwand nach Zeile 12, Tafel 12, betrug die maximale Verformung nach dem 3. Stoß rd. 80 mm und nach dem 4. Stoß rd. 200 mm (Bild 16).

Bewehrte Wände besaßen, wie zu erwarten war, eine höhere Widerstandsfähigkeit gegen Stoßbeanspru-

chung als unbewehrte Wände. Die Widerstandsfähigkeit gegen Stoßbeanspruchung nahm mit zunehmender Schlankheit sowie mit sinkender Belastung (Einspannung durch p) ab. Bei den untersuchten Wänden waren keine für die Beurteilung ausschlaggebenden Unterschiede zwischen Lastfall 1 und 2 (vgl. Bild 14) festzustellen. Den Ausschlag für das Versagen (Verlust des Raumabschlusses) gab jeweils die Stoßbeanspruchung, in der Regel hier die Stoßbeanspruchung bei der unbelasteten, nur unter Eigengewicht g stehenden Wand.

Bei den unbelasteten Wänden muß ferner als bemerkenswert herausgestellt werden:

1. Die Wandanschlüsse nach Bild 6 widerstanden drei Stoßbelastungen von je 160 kpm (keine Norm-

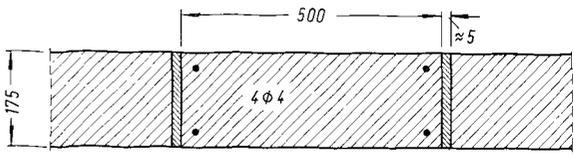
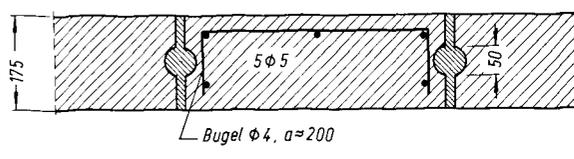
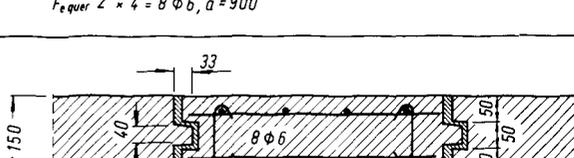
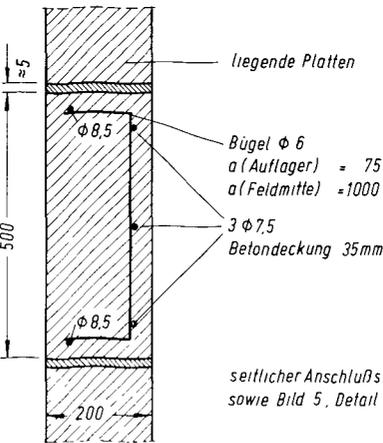
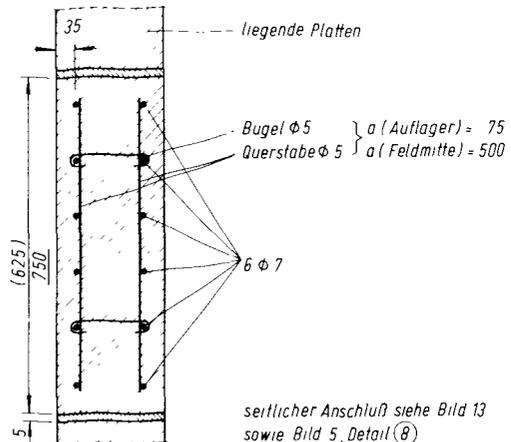
Platten-anordn.	Querschnitts-Abmessungen Maße in mm	Beton- deckung der Bewehrung in mm	Fugen-Ausbildung	Widerstands- fähigkeit gegen Stoß s. T. 12, Zeile
Stehende Platten		32-40	„Orba“-Spezial-Kleber Fa. Cordes, Minden	10
		30-40	Fugen: plastifizierter Zementmörtel Fugenvergußkern: Mörtel Gr. III DIN 1053	11
		25-31		12
		27		plastifizierter Zementmörtel
	<i>Deckenanschluß nach Bild 6</i>			
Liegende Platten		34-37	„Orba“-Spezial-Kleber Fa. Cordes, Minden	15-16
		34-37	„Orba“-Spezial-Kleber Fa. Cordes, Minden	15-16

Bild 12: Gasbetonwände aus Wandplatten nach Tafel 12, die auf Brand- und Stoßverhalten zum Nachweis der Eignung als „Brandwand“ nach DIN 4102 Blatt 3 untersucht wurden

beanspruchung), vgl. Tafel 12, Zeilen 13 und 14. Die Standfestigkeit der Wände war nach den Stößen noch vorhanden. Lediglich der Raumabschluß war in den Wandfugen verlorengegangen.

2. Die Wandanschlüsse nach Bild 13 bzw. Bild 5, Detail 8, widerstanden sogar den Normstoßbeanspruchungen von 300 kpm je Stoß nach DIN 4102 Blatt 3, vgl. auch Tafel 12, Zeilen 15 bis 16). Das günstige Verhalten konnte auf die Bewehrungsführung entsprechend Bild 13 zurückgeführt werden, wonach Längsstäbe und Bügel die Vergußnut gegen Abscheren sichern. Andere Bewehrungsführungen ergaben negative Versuchsergebnisse, was in Vorversuchen festgestellt wurde, siehe [5].

Diese Ergebnisse lassen vermuten, daß auch die Anschlüsse 9 bis 12 in Bild 5 ausreichend widerstandsfähig gegen die Normbeanspruchungen sind – vorausgesetzt, daß eine gleiche oder ähnliche Plattenbewehrung vorhanden ist.

4.3.3. Mindestwanddicken von Gasbetonbrandwänden nach DIN 4102 Blatt 3

Vergleicht man die in Tafel 12 zusammengestellten Versuchsergebnisse mit den Anforderungen an Brandwände nach DIN 4102 Blatt 3 (s. Abschn. 3.3 dieser Arbeit), so können die in Spalte 14 gekennzeichneten Wände als „Brandwände“ angesehen werden. Aufgrund dieser Versuchsergebnisse und

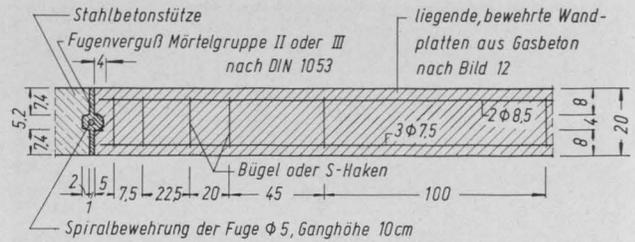


Bild 13: Bewehrung und seitlicher Anschluß einer Gasbetonbrandwand (vgl. auch mit Bild 5, Anschluß 8)

Lastfall	Praxis	Versuch
1		
2		

Bild 14: Brand- und Belastungsfälle bei Brandwänden F = Feuer, S = Stoß, p = Linienlast, f = Verformung

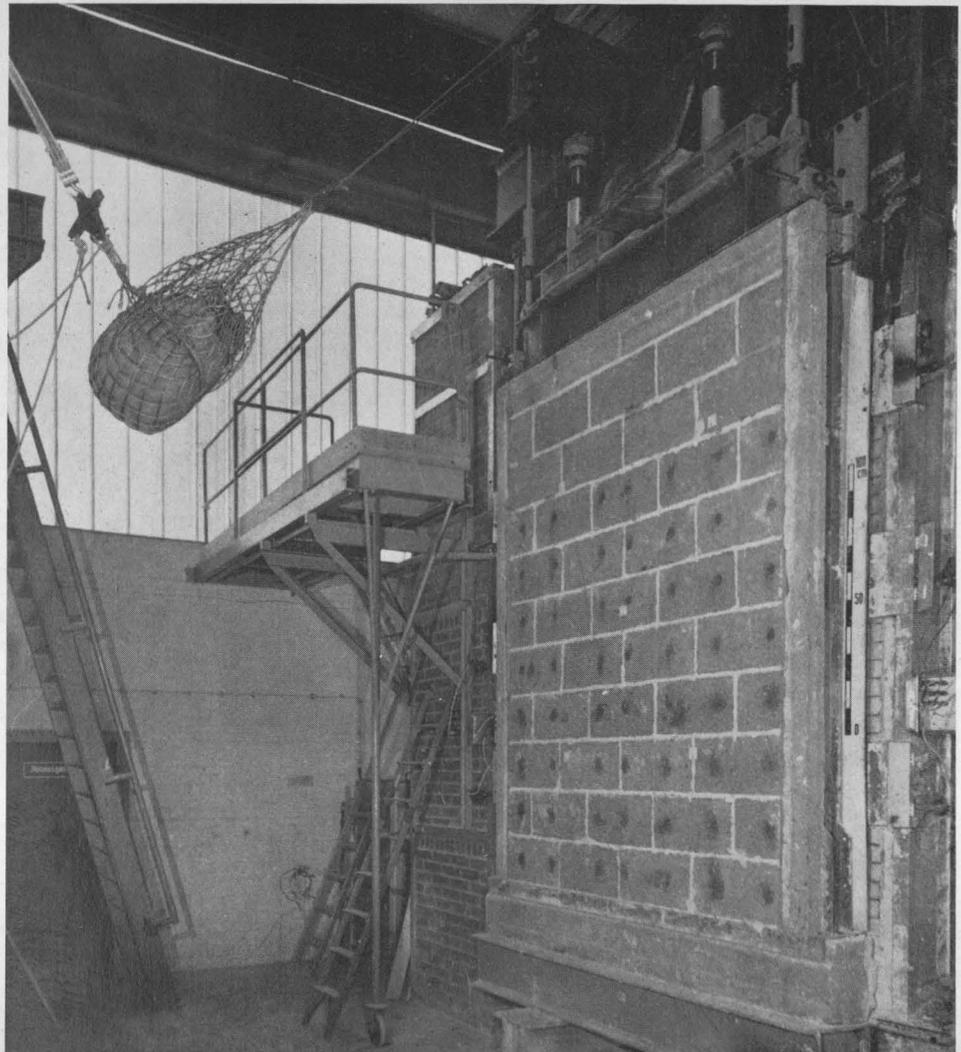


Bild 15: Brandwand-Versuchsaufbau: Stoßbeanspruchung durch Bleisackpendel auf der dem Feuer abgekehrten Seite

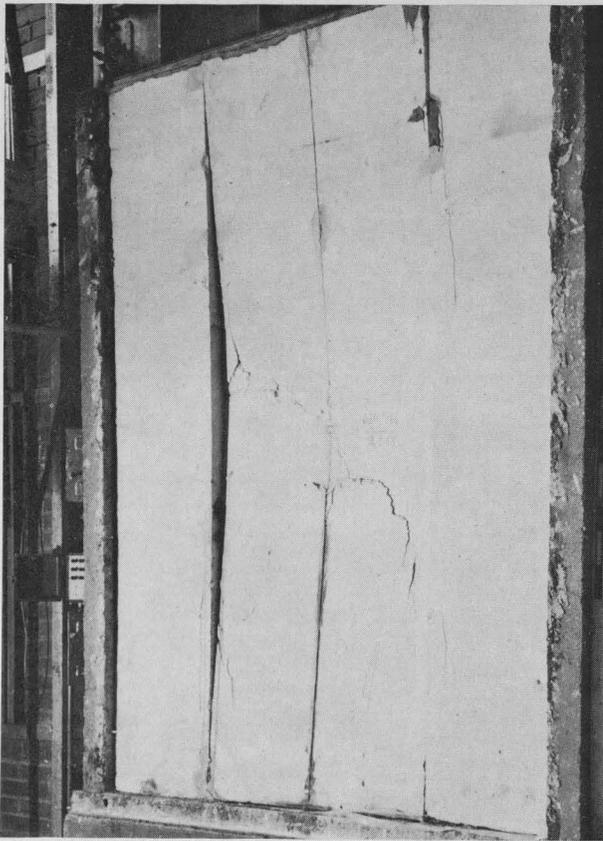


Bild 16a: Verformung einer 20 cm dicken Wand aus bewehrten geschoßhohen Wandtafeln entsprechend Tafel 12 Zeile 12.

Außenseite nach dreimaliger Stoßbeanspruchung mit je 300 kpm Stoßenergie (Normbeanspruchung): Raumabschluß blieb gewahrt; Klassifizierung: „Brandwand“

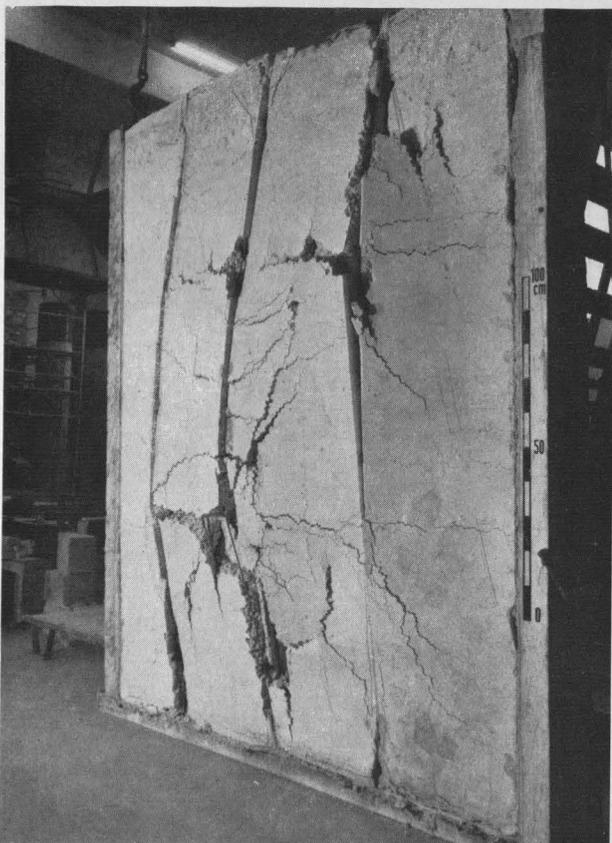


Bild 16b: Brandseite nach viermaliger Stoßbeanspruchung mit je 300 kpm Stoßenergie: Raumabschluß ging verloren

der Erfahrungen nach [5] und [7] können für Gasbetonbrandwände die in Tafel 13 wiedergegebenen allgemein gültigen Angaben gemacht werden. Die Mindestwanddicken von Brandwänden sind hier größer als die Mindestwanddicken von ausmittig belasteten Wänden der Feuerwiderstandsklasse F 90, da die Wanddicke von Brandwänden nicht nur durch die Ausmittigkeit, sondern auch durch die Stoßbeanspruchung beeinflusst wird. Tafel 13 zeigt im übrigen, wel-

Tafel 13: Mindestwanddicken d_0 (ohne Putz und Verkleidungen) von Gasbetonbrandwänden nach DIN 4102 Blatt 3, Ausgabe Februar 1970³⁾

Zeile	Wandart Wandspannungen max $\sigma_{\text{Rand}} \leq 10 \text{ kp/cm}^2$, vgl. Tafel 11; Vorschriften über Schlankheit, aussteifende Querwände usw. sind zu beachten, siehe z. B. DIN 1053	erforderliche Mindestwanddicke d_0 [mm] (Brandwanddicke)
1	Mauerwerk nach DIN 1053 aus 1. Blocksteinen nach DIN 4165 $\geq \text{GS 25}$, gemauert in Mörtel der Gruppe II oder III	300 ¹⁾
2	2. Planblocksteinen gemäß Zulassungsbescheid $\geq \text{GS 25}$, gemauert in plastifiziertem Zementmörtel	250
3	Wände aus liegend angeordneten Wandplatten $\leq 4 \text{ m}$ lang ²⁾ , Bewehrung nach Bild 12–13, seitliche Anschlüsse nach Bild 13 bzw. Bild 5/Detail 8, Betonrohddichte $0,60 \text{ kg/dm}^3$.	200
4	Wände aus geschoßhohen Wandtafeln $\geq \text{GSB 35}$ mit beidseitiger Bewehrung aus je $6 \phi 8$ je m, Querbewehrung beidseitig je $2 \phi 6$ je m, Betondeckung mindestens 2,5 und höchstens 3,0 cm, Betonrohddichte mindestens $0,60 \text{ kg/dm}^3$, Fugen einschließlich Fugenvergußkern $\geq \phi 5 \text{ cm}$ mit Mörtel der Gruppe III nach DIN 1053 oder mit plastifiziertem Zementmörtel dicht vergossen (vgl. mit Tafel 12 und Bild 12).	175 ¹⁾

¹⁾ Siehe auch DIN 4102 Blatt 4, Ausgabe Februar 1970, Abschn. 7.1.2 und 7.1.3

²⁾ Bei 6 m Wandlänge ist der Stahlquerschnitt F_e längs entsprechend der Stützweitenvergrößerung zu vergrößern.

³⁾ Gemäß Einführungserlaß zu DIN 4102 können für aneinander gereichte Wohngebäude bis zu zwei Vollgeschossen (in der Regel Einfamilien-Reihenhäuser oder Einfamilien-Doppelhäuser) an Stelle von Brandwänden – abweichend von DIN 1053, Abschn. 3.4.1 – auch zweischalige Wände mit je 11,5 cm oder 17,5 cm dicken Mauerwerkschalen gestattet werden, wenn Massivdecken angeordnet werden. Die 11,5 cm oder 17,5 cm dicken Einzelschalen solcher zweischaliger Haustrennwände können – abweichend von DIN 1053, Abschnitt 2.1.1 und Tabelle 1 – als Endauflager von Massivdecken verwendet werden, wenn diese kreuzweise bewehrt sind, und zwar auch dann, wenn ihre Stützweiten größer als 4,50 m sind. Bezüglich Stemmarbeiten und Aussparungen wird auf DIN 1053, Abschn. 2.5, verwiesen. Die durch das ganze Gebäude durchgehende Haustrennfuge ist nach DIN 4109 – Schallschutz im Hochbau – auszubilden.

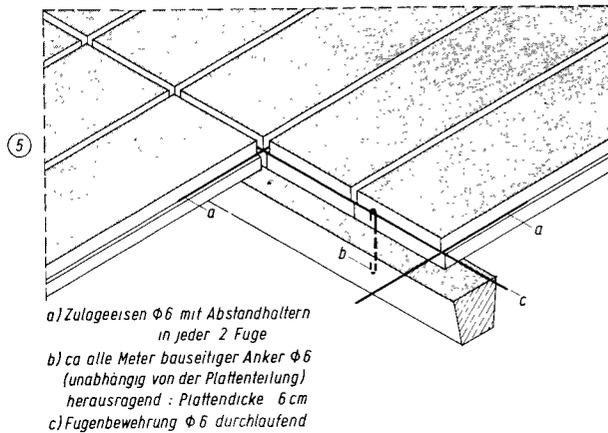
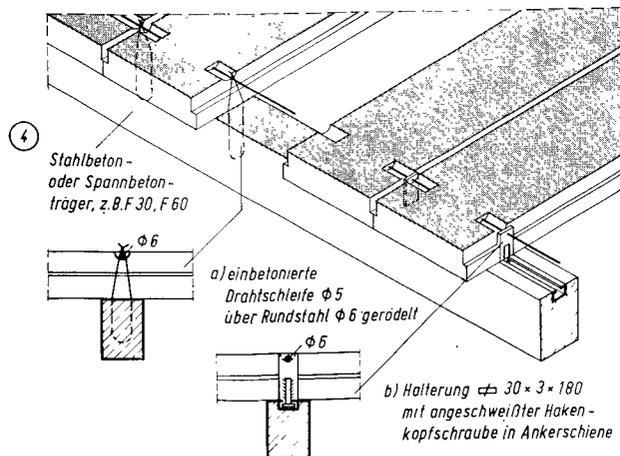
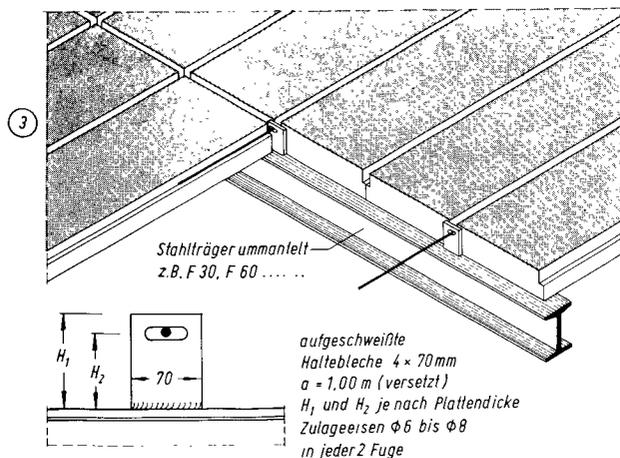
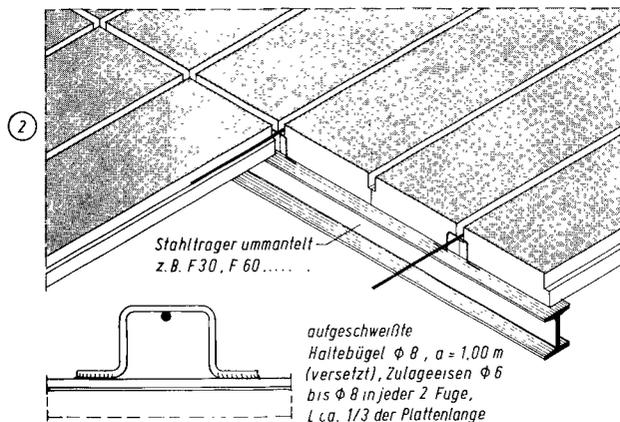
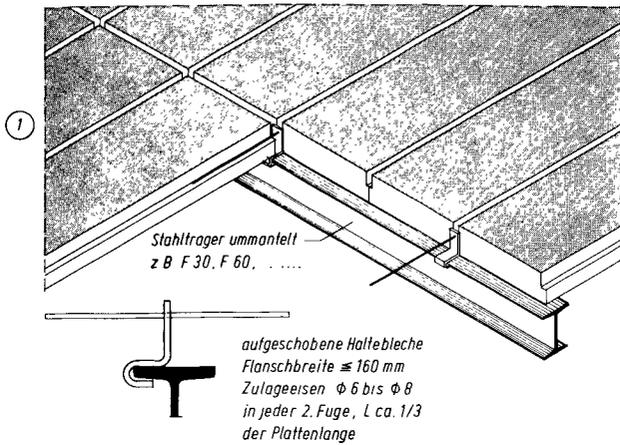


Bild 17: Auflagerung und Verlegung von Dach- und Deckenplatten – Schema für Halterungen

che der aufgezählten Brandwände bereits in DIN 4102 Blatt 4, Ausgabe Februar 1970, erfaßt sind.

4.4. Brand- und Verformungsverhalten von Gasbetondach- und -deckenplatten

4.4.1. Allgemeines

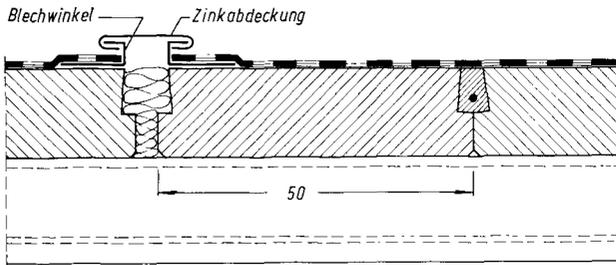
Nach DIN 4223 werden Dach- und Deckenplatten unterschieden. Hinsichtlich der Ausführung gelten ferner die Zulassungsbescheide der einzelnen Hersteller [10]. Es gibt im allgemeinen

Standardplatten mit Plattendicken von 7,5 cm in Stufen von 2,5 cm steigend bis 25 cm mit Regelbreiten von 50 cm, 62,5 cm und 75 cm sowie Richtlängen von 1,25 m in Stufen von 25 cm steigend bis 6,00 m mit entsprechender Bewehrung für Regelfälle sowie

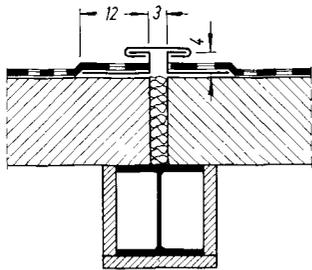
Sonderplatten mit abweichenden Abmessungen oder Bewehrung für zusätzliche Belastungen.

Dach- und Deckenplatten müssen mit ihrer Unterstützung und untereinander so verbunden werden, daß sie sich nicht seitlich verschieben oder abheben können. Die Platten werden im allgemeinen in Zementmörtel (Mischungsverhältnis 1:3 bis 1:4 nach Raumteilen) verlegt, wobei Platten auf Stahlträgern und Stahlbetonbalken jedoch nur trocken montiert zu werden brauchen. Die Nuten an den Längsrändern und die Fugen an den Stirnflächen werden bewehrt und mit Zementmörtel dicht vergossen. Beispiele für die Bewehrung und die Halterungen auf den Trägern zeigt Bild 17.

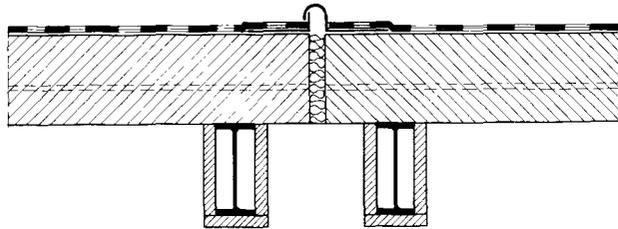
Werden an Dächer oder Decken aus solchen Platten Brandschutzforderungen gestellt, so müssen nicht nur die Dach- und Deckenplatten einschließlich der Fugen, sondern auch die unterstützenden Balken und Träger sowie deren Auflager (Wände und Stützen) mindestens dieselben Anforderungen – z. B. F 30 oder F 90 – wie die Platten erfüllen. Dasselbe gilt grundsätzlich auch für Dehnungsfugen, die in Bild 18 für Dächer schematisch dargestellt sind. In den Fugen müssen nichtbrennbare Dämmstoffe, z. B. Mineralfasermatten der Baustoffklasse A, angeordnet und gegen Herausfallen gesichert werden.



Dehnungsfuge in Längsrichtung der Dachplatten



Dehnungsfuge über dem Auflager



Gebäudedehnfuge, durch Gesamtkonstruktion durchgehend

Legende:

- Dachpappe, 2 Lagen
- Gasbetondachplatten
- Mineralfasermatten oder -platten der Baustoffklasse A, einseitig an den Platten befestigt
- Ummantelung

Bild 18: Ausbildung von Dehnungsfugen

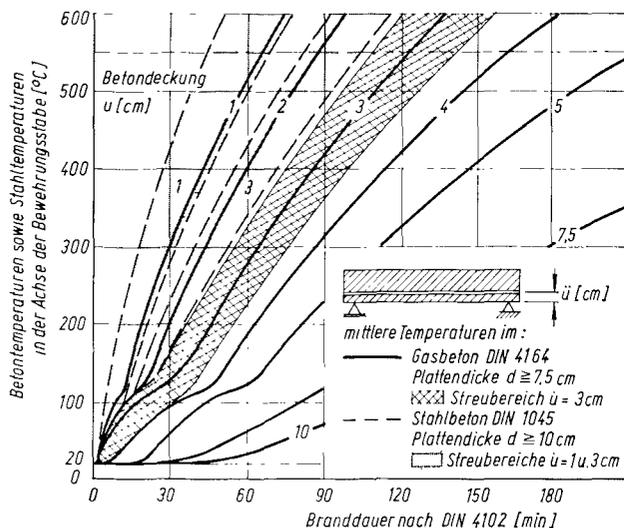


Bild 19: Temperaturen im Beton in Abhängigkeit von Branddauer und Betondeckung

4.4.2. Temperaturen an der Bewehrung von Dach- und Deckenplatten bei Brandbeanspruchung nach DIN 4102

Gasbetondach- und -deckenplatten werden in der Regel nur als statisch bestimmt gelagerte, einachsig gespannte Platten berechnet. Der Tragfähigkeitsverlust bei Brandbeanspruchung tritt daher wie bei Stahlbeton-Einfeldplatten dann auf, wenn die Zugbewehrung versagt, d. h. wenn die tragende Bewehrung ihre kritische Temperatur erreicht. Die kritische Stahltemperatur ist im wesentlichen abhängig von Stahlart, Gebrauchsspannung und Erwärmungsgeschwindigkeit. Aufgrund der Erfahrungen nach [17] und aufgrund zahlreicher Brandversuchsergebnisse an Gasbeton-Dach- und -Deckenplatten können die folgenden kritischen Stahltemperaturen angenommen werden:

Betonstahl	zul σ_e DIN 4223 (Plattendicke > 7 cm)	T_{krit}
I	1400	550 ° C
IV	1800	550 ° C

Bei welchen Betondeckungen T_{krit} am Bewehrungsstahl erreicht wird, hängt von der Erwärmung der Plattenquerschnitte ab, für die grundsätzlich die Meßergebnisse der Bilder 1 und 10 verwendet werden können. Trägt man entsprechend dieser Bilder die Temperaturen im Beton in Abhängigkeit von der Branddauer auf und wählt die Betondeckung als Parameter, so ergeben sich die in Bild 19 dargestellten Temperaturverläufe für den ungestörten (nicht bewehrten) Beton. Das Bild zeigt ebenso wie Bild 1 eine Gegenüberstellung der Temperaturen bei Gasbeton und Normalbeton.

Nach [17] ist bekannt, daß die Temperaturen im ungestörten Beton annähernd gleich den Temperaturen sind, die in der Stabachse von Bewehrungsstäben festgestellt wurden. Bei mehrlagiger Bewehrung wird die Erwärmungsgeschwindigkeit in den Achsen der dem Feuer zugekehrten Bewehrungslagen gegenüber ungestörten Betonquerschnitten sogar etwas abgemindert. Demgemäß darf die Temperatur der Bewehrungsstäbe aus ungestörten Temperaturfeldern für die Achsen der Bewehrungsstäbe abgeleitet werden. Bild 19 gilt also auch unmittelbar für bewehrte Platten, wenn als Betondeckung die Achsabstände der Bewehrung zur beflamten Oberfläche eingesetzt werden.

Unter Berücksichtigung des für Gasbeton eingetragenen Streubereiches und der verschiedenen Temperaturverläufe in Abhängigkeit von der Betondeckung (= Achsabstand der Bewehrung zur beflamten Oberfläche) müssen die in Tafel 14 angegebenen Mindestwerte eingehalten werden, wenn die Tragfähigkeit $\geq 30, 60, 90, 120$ oder 180 Minuten sein soll. Hierbei spielt es brandschutztechnisch keine Rolle, ob es sich um GSB 35 oder GSB 50 handelt.

4.4.3. Temperaturerhöhungen auf Dach- und Deckenplatten bei Brandbeanspruchung nach DIN 4102

Hinsichtlich der Temperaturerhöhungen auf Dach- und Deckenplatten bei Brandbeanspruchung gelten die in Abschn. 4.1.1 gemachten Angaben. Da sich die mit Zementmörtel vergossenen Plattenfugen (s. Bild

17) günstiger verhalten als z. B. die in Tafel 5 beschriebenen Wandfugen, gelten – auf der sicheren Seite liegend – die in Tafel 5 zusammengestellten Mindestwanddicken auch für Decken und Dächer.

Überträgt man diese Erfahrungen auf die bei Decken und Dächern vorliegenden Abmessungen, so müssen die in Tafel 14 angegebenen Mindestwerte

Tafel 14: Mindestabmessungen von Decken oder Dächern aus Gasbetonplatten GSB 35 oder GSB 50 nach DIN 4223 für die Feuerwiderstandsklassen F 30 bis F 180 nach DIN 4102 Blatt 2, Ausgabe Februar 1970

Vorschlag für DIN 4102 Blatt 4, zukünftige Fassung

Baustoff	Einachsige gespannte, statisch bestimmt gelagerte Platten; $T_{krit} = 550^\circ C$	erforderliche Mindestabmessungen [mm] für die Feuerwiderstandsklassen				
		F 30	F 60	F 90	F 120	F 180
Gasbeton nach DIN 4164/4223	Plattendicke	50	50	75	100	125
	Betondeckung = Achsabstand	10	15	25 ¹⁾	35	50
Stahlbeton nach DIN 1045 mit Quarzzuschlägen	Plattendicke	60	80	100	120	150
	Betondeckung = Achsabstand	10	20	30	40	55

¹⁾ Bei 15 mm dickem Putz Mörtelgruppe II DIN 18 550 muß die Betondeckung (Achsabstand) ≥ 10 mm sein, wobei eine gute Putzhaftung Voraussetzung ist.

eingehalten werden, wenn $\Delta T \leq \text{zul. } \Delta T = 140$ bis 180 grad auf der dem Feuer abgekehrten Seite sein soll.

4.4.4. Verformungen von Dach- und Deckenplatten bei Brandbeanspruchung nach DIN 4102

Die Verformungen von Dach- und Deckenplatten bei Brandbeanspruchung werden u. a. von der Betondeckung, Plattendicke und -stützweite (Schlankheit) sowie von den Materialkennwerten (E-Modul) beeinflusst. Zahlreiche Durchbiegungsmessungen in Feldmitte an verschieden weit gespannten Platten ergaben die in Bild 20 in Abhängigkeit von der Betondeckung dargestellten Bereiche. Die Durchbiegungen der Platten nahmen bei Brandbeanspruchung stetig zu und erreichten kurz vor dem Einsturz Werte von 12 bis 16 cm. Die elastische Anfangsdurchbiegung infolge g+p wurde in dieser Darstellung gleich Null gesetzt.

Die Plattenverformungen bei 2,5 cm Betondeckung (Achsabstand) entsprachen etwa den Verformungen

bei 1,3 cm Betondeckung (Achsabstand) + 1,5 cm Putz aus Mörtel der Gruppe II DIN 18 550, wobei eine einwandfreie Putzhaftung vorhanden war.

Die in Bild 20 dargestellten Verformungen ergänzen die Aussagen von Abschn. 4.4.2, insbesondere die Erkenntnisse über das Tragverhalten im Verhältnis zu den Temperaturen am Bewehrungsstahl.

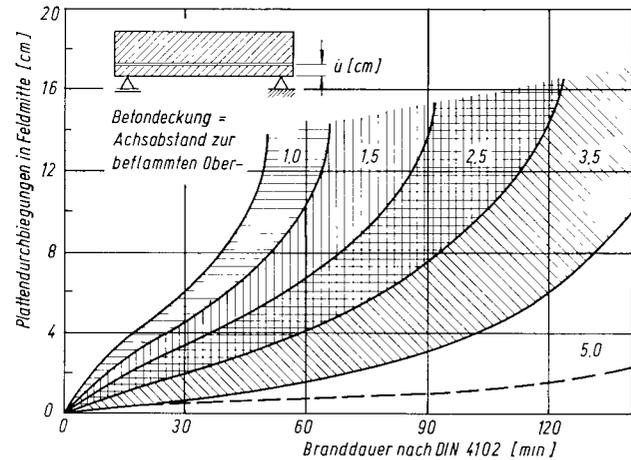


Bild 20: Verformungen von geprüften Dach- und Deckenplatten in Abhängigkeit von der Branddauer ($l = 2,5$ bis $4,0$ m, $\sigma_e = \text{zul } \sigma_e$)

Bei Decken und Dächern aus einachsige gespannten, nebeneinander verlegten Fertigteilfeldplatten tritt grundsätzlich die Frage auf, wie sich solche Konstruktionen im Brand verhalten, wenn keine ausreichende Lastquerverteilung vorhanden ist. Die Frage, wie sich z. B. Gasbetonplatten verhalten, wenn eine Platte voll belastet ist und die angrenzenden Platten nur ihr Eigengewicht tragen müssen, wurde durch Versuche an 10 cm dicken und 3 m langen geputzten Gasbetondecken geprüft [3]. Die untersuchten, in den Längsfugen vermörtelten Platten besaßen folgende Kennwerte:

Deckenplatten	Belastung	σ_e [kp/cm ²]	f nach 90 min	Δf
mittlere Platte Randplatten	g+p	1800 = 1,00 zul σ_e	8,2 cm	2,5 cm
	g	1550 = 0,86 zul σ_e	5,7 cm	

Die Durchbiegungsunterschiede Δf zwischen belasteten und unbelasteten Deckenstreifen betragen nach 90 Minuten Branddauer in Feldmitte $\leq 2,5$ cm, also $< d = 10$ cm.

Die Größe der maximalen Durchbiegungsunterschiede kann auch bei Kenntnis von T_{krit} in Abhängigkeit von der Stahlspannung aus den Bildern 19 und 20 abgeschätzt werden. Nach [17] können etwa folgende T_{krit} -Werte in Abhängigkeit von der Gebrauchsspannung sowie folgende Feuerwiderstandszeiten nach Bild 19 angenommen werden:

Stahlart	σ_e [kp/cm ²]	σ_e /zul σ_e zul σ_e nach DIN 4223	T _{krit} [° C]	Feuerwider- standsdauer [min] bei 2,5 cm Betondeckung (Achsabstand)
St I	1400	1,00	550	≥ 90
	1050	0,75	600	≥ 105
	700	0,50	650	≥ 115
St IV	1800	1,00	550	≥ 90
	1350	0,75	585	≥ 100
	900	0,50	640	≥ 110

Die vorstehenden Erfahrungen zeigen, daß die Unterschiede in der Belastung g und g+p bzw. die Unterschiede in der ausgenutzten Spannung $\sigma_{e(g)}$ und $\sigma_{e(g+p)}$ hier Unterschiede in der Feuerwiderstandsdauer von \leq etwa 15 Minuten ergeben. Entsprechend diesen Feuerwiderstandszeiten müssen sich auch die kritischen Verformungen ergeben.

Diese und die in [3] beschriebenen Versuchsergebnisse gestatten den Schluß, daß unterschiedliche Belastungen – wenigstens im Regelfall – keinen entscheidenden Einfluß auf die Feuerwiderstandsdauer ausüben, zumal immer ein Teil der Kräfte in den Längsfugen entsprechend Bild 17 übertragen wird.

4.4.5. Mindestabmessungen von Gasbetondecken und -dächern für die Feuerwiderstandsklassen F 30 bis F 180 nach DIN 4102 Blatt 2

Faßt man die Erfahrungen der Abschn. 4.4.1 bis 4.4.4 zusammen, so ergeben sich die in Tafel 14 zusammengestellten Mindestabmessungen, wenn Decken oder Dächer aus Gasbetonplatten nach DIN 4223 in Feuerwiderstandsklassen nach DIN 4102 Blatt 2, Ausgabe Februar 1970, eingestuft werden sollen. Die in den Zeilen 3 und 4 dünn gedruckten Zahlen geben dabei einen Vergleich zu einachsigen gespannten Stahlbeton-Einfeldplatten mit statisch bestimmter Lagerung.

4.5. Brandverhalten von Gasbeton-Stürzen

Stürze sind im Gegensatz zu Deckenplatten dreiseitig dem Feuer ausgesetzt. Die Erwärmung des Querschnitts erfolgt damit schneller als bei einseitiger Feuerbeanspruchung. Die Erwärmungsgeschwindigkeit ist hier also in erhöhtem Maße von den Querschnittsabmessungen abhängig. Insbesondere werden die unteren Ecken der Stürze und damit die Eckstäbe der meist einlagigen Bewehrung schneller erwärmt, weshalb es – wie beim Normalbeton – sinnvoll erscheint, die seitliche Betondeckung größer zu wählen als die untere.

Für Normalbeton sind nach [17] bei T_{krit} von 550° C folgende Relationen zwischen Balkenbreite und erforderlicher Betondeckung für 90 Minuten Feuerwiderstandsdauer bekannt:

Balkenbreite [cm] (Stahlbeton nach DIN 1045)	erforderliche Betondeckung (Achsmaß) [mm] der Zugbewehrung für 90 Minuten Feuerwiderstandsdauer	
	unten	seitlich
20	40	50
30	35	45
∞ (Platten)	30	–

Aufgrund dieser Zusammenhänge und der aus Bild 1 und 19 bekannten Temperaturverhältnisse bei Gasbeton können damit folgende Mindestbetondeckungen für ungeputzte Gasbetonstürze als erforderlich angesehen werden, wenn eine bestimmte Feuerwiderstandsklasse erreicht werden soll:

Sturz-Breite [cm] von Gas- betonstürzen	vermutete Mindestbetondeckung (Achsmaß der Zugbewehrung) für die Feuerwiderstandsklassen	F 30	F 60	F 90	F 120	F 180
		20	unten	10	20	35
	seitlich ¹⁾	20	30	45	55	–
30	unten	10	20	30	40	60 ²⁾
	seitlich ¹⁾	20	30	40	50	70
∞ (Platten)	unten	10	15	25	35	50
(vgl. mit Tafel 14)						

¹⁾ seitliche Betondeckung (Achsmaß) der Eckstäbe der untersten Bewehrungslage

²⁾ Betondeckung muß durch eine Schutzbewehrung mit Stabdurchmesser \geq 2,5 mm zusätzlich gehalten werden; Betondeckung der Schutzbewehrung = 1,5 cm.

Da sowohl ungeputzte wie auch geputzte Gasbetonstürze brandschutztechnisch bisher noch nicht systematisch untersucht wurden, dürfen die angegebenen Zahlen nicht als sicher angesehen werden. Zur Bestätigung der gezeigten Zusammenhänge müssen noch Brandversuche durchgeführt werden.

5. Zusammenfassung

Aufgrund der bauaufsichtlichen Forderungen hinsichtlich der Feuerwiderstandsdauer von Bauteilen müssen u. a. Wände und Decken je nach

Funktion

– tragend oder nichttragend, Innenwand oder Außenwand –

und

Einbaort

– Trennwand, Wohnungstrennwand, Flurwand, Treppenhauswand, Dach-, Geschoß- oder Kellerdecke usw.

im normalen Hochbau bzw. im Industriebau u. a. in Abhängigkeit von Geschoßzahl und Brandrisiko bestimmte Brandschutzanforderungen erfüllen. Dabei bestimmen insbesondere die „Richtlinien für die Verwendung brennbarer Baustoffe im Hochbau“, wo brennbare Baustoffe eingesetzt werden dürfen und wo nichtbrennbare Baustoffe angewendet werden müssen.

Gasbeton nach DIN 4164³⁾ ist ein nichtbrennbarer Baustoff der Klasse A 1 nach den „Ergänzenden Bestimmungen zu DIN 4102“. Wände und Decken aus

³⁾ siehe Fußnote ¹⁾ Seite 5

Gasbetonelementen einschließlich der Fugen, Anschlüsse, Halterungen usw. können daher alle Anforderungen der Feuerwiderstandsklassen F 30 bis F 180 nach DIN 4102 erfüllen. Bei richtiger Konstruktion sind die Feuerwiderstandsklassen technisch einwandfrei und wirtschaftlich zu erreichen. Aufgrund der relativ niedrigen Wärmeleitfähigkeit von Gasbeton können sogar höhere Feuerwiderstandszeiten mühelos erzielt werden.

In der vorliegenden Arbeit wurde angestrebt, alle bisher gewonnenen Erfahrungen mit Wänden, Decken und Stürzen bei Brand- und Stoßbeanspruchung zusammenzustellen und einen Überblick über den derzeitigen Stand unseres Wissens zu geben. Es wurde versucht, die wichtigsten Einflußgrößen auf die Feuerwiderstandsdauer – wie Temperaturverteilung im Gasbeton sowie in Fugen und Anschlüssen, Stoßverhalten, Tragfähigkeit bei mittiger oder ausmittiger Belastung, Verformungsverhalten usw. – zu erläutern, wobei Möglichkeiten einer Steigerung der Feuerwiderstandsdauer aufgezeigt werden. Die Klassifizierung aller behandelten Bauteile erfolgt dabei nach DIN 4102, Ausgabe 1970.

Die folgende Übersicht zeigt, welche Tafeln besonders von baupraktischer Bedeutung sind, da hier Mindestabmessungen angegeben werden:

Bauteil	Klassifizierung	Tafel	Text-Abschn.
Nichttragende Wände	F 30–F 180	7	4.1.3
Nichttragende und nichtaussteifende Außenwandelemente, Brüstungen usw.	W 30–W 90	7	4.1.3
Tragende Wände bei			
a) mittiger Belastung	F 30–F 180	10	4.2.5
b) ausmittiger Belastung	F 30–F 180	11	4.2.5
Brandwände	Brandwand	13	4.3.3
Dächer und Decken	F 30–F 180	14	4.4.5
Stürze (vermutete Mindestabmessungen)	F 30–F 180	–	4.5

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß Gasbetonbauteile unter Brandbeanspruchung erst bei vergleichsweise sehr hohen Temperaturen ihre Festigkeit verlieren. Damit ergeben sich für alle Bauteile aus Gasbeton wesentliche Vorteile gegenüber Bauteilen aus Baustoffen, die entweder brennbar sind oder schon bei verhältnismäßig niedrigen Temperaturen erhebliche Festigkeitsverluste zeigen und daher auf die Wirkung von Schutzschichten angewiesen bleiben.

Braunschweig, den 29. 7. 1970

Kordina

Der Direktor
(o. Prof. Dr.-Ing. Kordina)

Meyer-Ottens

Der Sachbearbeiter
(Reg.-Rat Dipl.-Ing. Meyer-Ottens)



6. Literatur- und Quellenverzeichnis

- [1] Walz, K., Kristen, Th., und Blunk, G., sowie Walz, K., und Strey, J.: Verhalten von Wänden aus verschiedenartigem Beton, aus Wandbauplatten und aus Mauersteinen bei Feuerbeanspruchung. Veröffentlicht in der Schriftenreihe „Fortschritte und Forschungen im Bauwesen“, Reihe D, Heft 27. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1957.
 - [2] Svenska Tarifföreningen: Betong och Brand – Handbok för brandteknisk bedömning av betongbyggnader och reparation av brandskadade betongkonstruktioner. Stockholm 1959.
 - [3] Kristen, Th., und Wierig, H.-J.: Untersuchungen über ungünstige Belastungsfälle bei Brandversuchen an Decken aus nebeneinanderliegenden Fertiggeländern oder -platten. Berichte aus der Bauforschung, Heft 38, Verlag W. Ernst & Sohn. Berlin 1964.
 - [4] Malhotra, H. L.: Fire-resistance of brick and block walls. Fire Note No. 6. Her Majesty's Stationery Office. London 1966.
 - [5] Brandwände, Brand- und Stoßverhalten. Berichte aus der Bauforschung, Heft 61. Verlag W. Ernst & Sohn. Berlin 1969.
- Mit Beiträgen von: Kordina, K.: Vorwort. Meyer-Ottens, C.: Brand- und Stoßversuche (Teil I und II).

- Steinert, J.: Untersuchungen zur Reproduzierbarkeit von Stoßbeanspruchungen durch Sackpendel (Teil III). Kordina, K.: Schlußbetrachtung.
- [6] Kordina K., und Meyer-Ottens, C.: Über den Einfluß der Brandlast auf Brandraumtemperatur und Feuerwiderstandsdauer bei der Prüfung von Beton- und Holzwänden nach DIN 4102. Materialprüfung 11 (1969), Nr. 8.
- [7] Meyer-Ottens, C.: Über die Widerstandsfähigkeit von ausmittig belasteten Wänden bei Brand- und Stoßbeanspruchung. Betonstein-Zeitung 36 (1970). H. 5, S. 322/328.
- [8] Zulassungsbescheid der Firma Ytong AG, München, für Mauerwerk aus Ytong-Plansteinen. Bayerisches Staatsministerium des Innern, in der jeweils neuesten Fassung.
Zulassungsbescheid der Firma Hebel Gasbetonwerk GmbH, Emmering, für Mauerwerk aus Hebel-Plansteinen. Bayerisches Staatsministerium des Innern, in der jeweils neuesten Fassung.
- [9] Zulassungsbescheid der Firma Hebel Gasbetonwerk GmbH, Emmering, für Hebel-Gasbeton-Wandplatten GSB 35 und GSB 50. Bayerisches Staatsministerium des Innern, in der jeweils neuesten Fassung.
Zulassungsbescheid der Firma Deutsche Siporex GmbH, Essen, für geschoßhohe tragende Siporex-Wandplatten aus Gasbeton GSB 35 und GSB 50. Der Minister für Landesplanung, Wohnungsbau und öffentliche Arbeiten des Landes Nordrhein-Westfalen, in der jeweils neuesten Fassung.
Zulassungsbescheid der Firma Ytong AG, München, für geschoßhohe tragende Ytong-Wandplatten aus dampfgehärtetem Gasbeton GSB 35 und GSB 50. Bayerisches Staatsministerium des Innern, in der jeweils neuesten Fassung.
- [10] Zulassungsbescheid der Firma Ytong AG, München, für bewehrte Dach- und Deckenplatten aus dampfgehärtetem Gasbeton GSB 35 und GSB 50. Bayerisches Staatsministerium des Innern, in der jeweils neuesten Fassung.
Zulassungsbescheid der Firma Hebel Gasbetonwerk GmbH, Emmering, für bewehrte Hebel-Dach- und Deckenplatten aus dampfgehärtetem Gasbeton GSB 35 und GSB 50. Bayerisches Staatsministerium des Innern, in der jeweils neuesten Fassung.
Zulassungsbescheid der Firma Deutsche Siporex GmbH, Essen, für bewehrte Siporex-Gasbeton-Dach- und Deckenplatten der Güteklassen GSB 35 und GSB 50. Der Minister für Landesplanung, Wohnungsbau und öffentliche Arbeiten des Landes Nordrhein-Westfalen, in der jeweils neuesten Fassung.
Zulassungsbescheid der Firma Steine und Erden GmbH, Goslar/Harz, für bewehrte Dach- und Deckenplatten aus dampfgehärtetem Gasbeton „Ytong“ der Güteklasse GSB 35 oder GSB 50. Der Niedersächsische Minister der Finanzen, in der jeweils neuesten Fassung.
- [11] Zulassungsbescheid der Firma Deutsche Siporex GmbH, Essen, für bewehrte Siporex-Sturzbalken aus dampfgehärtetem Gasbeton der Güteklasse GSB 50. Der Minister für Landesplanung, Wohnungsbau und öffentliche Arbeiten des Landes Nordrhein-Westfalen, in der jeweils neuesten Fassung.
Zulassungsbescheid der Firma Ytong AG, München, für bewehrte Ytong-Stürze aus dampfgehärtetem Gasbeton GSB 50. Bayerisches Staatsministerium des Innern, in der jeweils neuesten Fassung.
Zulassungsbescheid der Firma Steine und Erden GmbH, Goslar/Harz, für bewehrte Ytong-Stürze aus dampfgehärtetem Gasbeton GSB 50. Der Niedersächsische Minister der Finanzen, in der jeweils neuesten Fassung.
Zulassungsbescheid der Firma Hebel Gasbetonwerk GmbH, Emmering, für bewehrte Hebel-Stürze aus dampfgehärtetem Gasbeton GSB 50. Bayerisches Staatsministerium des Innern, in der jeweils neuesten Fassung.
- [12] Richtlinien für die Verwendung brennbarer Baustoffe im Hochbau. Fassung 1970, siehe Runderlasse der Länder.
- [13] Bub, H., und Seekamp, H., unter Mitarbeit von Meyer-Ottens, C.: Neue Erkenntnisse aus der Bauforschung. Baulicher Brandschutz – Bauteile. Erich Schmidt Verlag. Berlin 1968.
- [14] Bornemann P.: Grundlagen für die Bemessung der Feuerwiderstandsdauer von Stahlbetonplatten. a) Dissertation Technische Universität Braunschweig, 1964. b) Deutscher Ausschuß für Stahlbeton, Heft 181. Verlag W. Ernst & Sohn. Berlin 1966.
- [15] Schlag- und Stoßbeanspruchung von Wänden. Berichte aus der Bauforschung, Heft 50. Verlag W. Ernst & Sohn. Berlin 1967.
Mit Beiträgen von: Stuck, W., und Böhmert, W.: Gedanken und Versuche zum Ermitteln von Prüfverfahren für die Beurteilung des Verhaltens von Wandtafeln gegenüber stoßartiger Beanspruchung. Meyer-Ottens, C., und Bub, H.: Stoßbeanspruchung bei Wänden mit bestimmter Feuerwiderstandsdauer und bei Brandwänden.
- [16] Malhotra, H. L.: The effect of temperature on the compressive strength of concrete. Mag. of Concrete Research 23 (1956), H. 8, S. 85, bzw. Zement-Kalk-Gips 10 (1957), H. 7.
- [17] Kordina, K.: Grundlagen für den Entwurf von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen mit bestimmter Feuerwiderstandsdauer. Stahlbetonbau-Berichte aus Forschung und Praxis (Festschrift Prof. Rüschi). Verlag W. Ernst & Sohn. Berlin–München 1969.