

Harmonisierung von Prüfbestimmungen  
im vorbeugenden baulichen  
Brandschutz auf europäischer Ebene

**T 2404**

T 2404

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

Vervielfältigung, auch auszugsweise,  
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

**Fraunhofer IRB Verlag**

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69  
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00  
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail [irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)

[www.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de)

Harmonisierung von Prüfbestimmungen im  
vorbeugenden baulichen Brandschutz  
auf europäischer Ebene

Abschlußbericht

zusammengestellt von

Dr.-Ing. J. Wesche

Prof. Dr.-Ing. D. Hosser

mit Beiträgen von

Dr.-Ing. C. Meyer-Ottens

Prof. em. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. K. Kordina

November 1991

Das Forschungsvorhaben wurde im Auftrag des Instituts für Bautechnik, Berlin, durchgeführt (AZ.: IV 1-5-556/89).

## INHALT

	Seite
1 Anlaß und Aufgabenstellung	2
2 Entwicklung der europäischen Harmonisierung seit Beginn des Forschungsvorhabens	3
3 Zusammenfassung der Forschungsergebnisse bezogen auf die zur Diskussion stehenden Prüfverfahren	4
3.1 Vorgehensweise	4
3.2 Festigkeitsprüfung (Kugelstoß bei raumabschließenden Wänden	5
3.3 Löschwasserbeanspruchung bei bekleideten Stützen	6
3.4 Festigkeitsprüfung (Bleischrotsack) bei Brandwänden	7
4 Schlußfolgerungen und Empfehlungen	9
Anhang 1 Festigkeitsprüfung und Restdicke bei raumab- schließenden Wänden (Dr.-Ing. C. Meyer-Ottens)	
Anhang 2 Löschwasserbeanspruchung bei bekleideten Stützen (Dr.-Ing. C. Meyer-Ottens)	
Anhang 3 Festigkeitsprüfung bei Brandwänden (Dr.-Ing. J. Wesche)	



## 1 ANLASS UND AUFGABENSTELLUNG

In den Brandversuchen nach DIN 4102 Teil 2 für raumabschließende Wände und für bekleidete Stützen bzw. nach DIN 4102 Teil 3 für Brandwände werden zusätzlich zur Prüfung der Feuerwiderstandsdauer bei Brandbeanspruchung nach der Einheitstemperaturzeitkurve auch Prüfungen der Restfestigkeit der betreffenden Bauteile bei mechanischer Beanspruchung in Form eines Kugelstoßes, eines auftreffenden Löschwasserstrahles oder des Anpralls eines Bleischrotsackes durchgeführt. Die bisherigen Beratungen im Zuge der europäischen Harmonisierung von Prüfbestimmungen im vorbeugenden Brandschutz haben gezeigt, daß im Ausland derartigen Verknüpfungen von Brandprüfungen mit speziellen Zusatzprüfungen zur Gewährleistung eines besonderen mechanischen Widerstandes wenig Verständnis entgegengebracht wird. Nach einhelliger Einschätzung der deutschen Vertreter in den entsprechenden europäischen Gremien besteht kaum Aussicht, die in keinem der Partnerländer üblichen Zusatzprüfungen in ihrer jetzigen Form in künftige europäische Normen einzubringen. Ein wesentlicher Grund dafür ist, daß sich die Zusatzprüfungen nicht direkt aus allgemein akzeptierten Schutzzielen des Brandschutzes ableiten lassen.

Aus diesem Grunde wurde am 01.12.1988 vom Institut für Bautechnik dieses Forschungsvorhaben in Auftrag gegeben mit dem Ziel, die drei genannten Prüfverfahren kritisch zu analysieren und die deutsche Position bei den bevorstehenden europäischen Verhandlungen argumentativ zu untermauern. Im einzelnen sollten folgende Untersuchungen durchgeführt werden:

- Dokumentation zur Entwicklung der deutschen Prüfverfahren,
- Überprüfung der Schlüssigkeit der bisherigen bauaufsichtlichen Anforderungen,
- Zusammenstellung der auf der Basis der bisherigen Prüfverfahren entwickelten Konstruktionen,
- Neudefinition der brandschutztechnischen Schutzziele,
- Vergleich der Schutzziele mit den bisherigen Prüfverfahren,

- Beurteilung der Notwendigkeit von verschärften Anforderungen im Vergleich zum vorhandenen Risiko und zum generellen Sicherheitsniveau im Brandschutz,
- Darstellung von möglichen Ersatzmaßnahmen, durch die das bisherige Sicherheitsniveau aufrechterhalten werden kann.

## **2 ENTWICKLUNG DER EUROPÄISCHEN HARMONISIERUNG SEIT BEGINN DES FORSCHUNGSVORHABENS**

Die forschende Stelle unterrichtete den NABau-Spiegelausschuß 02.76.02 "Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Bauteile", der für die Spiegelung der europäischen Normentwicklung zuständig ist, laufend über den Fortschritt der Forschungsarbeiten. In den jeweiligen Spiegelausschuß-Sitzungen wurde auf der Grundlage der Berichte mit dem deutschen Vertreter im technischen Komitee TC 2, das das Grundlagendokument Brandschutz erarbeitete, die deutsche Meinung zu den angesprochenen Punkten (Festigkeitsprüfung, Löschwasserbeanspruchung und Brandwandprüfung) abgestimmt.

Im Laufe der Forschungsarbeiten kristallisierte sich sehr schnell heraus, daß weder die Festigkeitsprüfung bei raumabschließenden Wänden noch die Löschwasserbeanspruchung bei bekleideten Stützen ein unverzichtbares Schutzziel sein konnte, so daß der deutsche Vertreter beim TC 2 auf die Durchsetzung dieser Anforderungen verzichten konnte. Das Grundlagendokument in der Fassung vom 20. September 1991 enthält daher keine entsprechenden Anforderungen.

Dagegen war es die einhellige Meinung des Ausschusses, daß auf die Schutzziele, die das Prüfverfahren nach DIN 4102 Teil 3 (Bleischrotsack) abdecken soll, nicht verzichtet werden kann. Konsequenterweise konnte der deutsche Vertreter im TC 2 die mechanische Beanspruchung sowohl bei tragenden als auch bei nichttragenden, raumabschließenden Wänden als Anforderung unterbringen, so daß im Grundlagendokument unter den Abschnitten

3.3.2.3.2 bzw. 3.3.2.3.6.1 die Klassifizierung "REI-M" bzw. "EI-M" als Grundlage einer europäischen Normung für bestimmte Wandkonstruktionen eingeführt wurde.

Aus den Diskussionen mit den CEN-Mitgliedern hat sich ergeben, daß - abgesehen von Deutschland - kein weiteres Land ein entsprechendes Schutzziel verfolgt. Unter diesen Randbedingungen besteht daher sogar die Möglichkeit, das "DIN 4102 Teil 3-Verfahren" unmittelbar in die europäische Normung einzubringen und damit auch auf eine "Harmonisierung" verschiedener Prüfverfahren mit dem gleichen Schutzziel verzichten zu können.

CEN/TC 127 hat beschlossen, die verschiedenen zusätzlichen Anforderungen, sei es von der Brandbeanspruchung oder auch von der mechanischen Beanspruchung her, in der "ad hoc 10-Gruppe" bearbeiten zu lassen.

### **3 ZUSAMMENFASSUNG DER FORSCHUNGSERGEBNISSE BEZOGEN AUF DIE ZUR DISKUSSION STEHENDEN PRÜFVERFAHREN**

#### **3.1 VORGEHENSWEISE**

Die in Frage stehenden Prüfverfahren wurden entsprechend der in Abschnitt 1 vorgegebenen Aufgabenstellung einer detaillierten Untersuchung unterzogen. Die Ergebnisse dieser Arbeiten sind in den Anhängen 1 bis 3 zu diesem Forschungsbericht dargestellt, wobei die Forschungsarbeiten an den Festigkeitsprüfungen für Brandwände aufgrund der in Abschnitt 2 beschriebenen Entwicklung der europäischen Normung abgebrochen wurden.

In den folgenden Abschnitten werden die wesentlichen Schlußfolgerungen aus den Einzeluntersuchungen dargestellt.

### 3.2 FESTIGKEITSPRÜFUNG (KUGELSTOSS) BEI RAUMABSCHLIESSENDEN WÄNDEN

Umfangreiche Untersuchungen, die im einzelnen in Anhang 1 dokumentiert sind, haben folgende Erkenntnisse gebracht:

- Das brandschutztechnische Schutzziel bei raumabschließenden Wänden, die Ausbreitung von Feuer auch nach mechanischer Beanspruchung durch brandbedingt umfallende Gegenstände zu verhindern, kann mit den üblichen Trennwandkonstruktion auch dann erreicht werden, wenn diese nur hinsichtlich Feuerwiderstandsdauer und nicht mehr hinsichtlich Festigkeit geprüft werden.
- Als kritisch erwiesen sich beim Kugelstoßversuch lediglich geschwächte Bereiche leichter Trennwandkonstruktionen, z.B. in Verbindung mit Fugen, Holztüren, sonstigen Öffnungen oder Installationen. Stellvertretend hierfür werden derzeit Steckdosen mitgeprüft. Eine lokale Reduktion des Feuerwiderstandes kann jedoch auch dadurch verhindert werden, daß anstelle einer zusätzlichen Festigkeitsprüfung vorgeschrieben wird, bei allen Querschnittsschwächungen den notwendigen Feuerwiderstand durch konstruktive Maßnahmen in vollem Umfang zu gewährleisten.
- Um das heutige deutsche Sicherheitsniveau im Rahmen der europäischen Harmonisierung bei nichttragenden Trennwänden aufrechtzuerhalten, müssen demnach in CEN/TC 127, adhoc-Gruppe 9 "partitions", einerseits klare Prüfbestimmungen im Hinblick auf eine praxisgerechte Einbausituation (z.B. mit Fugen) und andererseits konstruktive Maßnahmen für häufig vorkommende Querschnittsschwächungen durchgesetzt werden.

### 3.3 LÖSCHWASSERBEANSPRUCHUNG BEI BEKLEIDETEN STÜTZEN

Im Rahmen detaillierter Untersuchungen (siehe Anhang 2) wurde geprüft, zu welchen Auswirkungen ein Verzicht auf die Löschwasserbeanspruchung bei unterschiedlichen Bekleidungsarten führen kann. Zusammenfassend ist folgendes festzustellen:

- Das Schutzziel, die Standsicherheit eines Tragwerks mit bekleideten Stützen im Brandfall auch dann zu gewährleisten, wenn die Bekleidung einer vorherigen mechanischen Beanspruchung, z.B. durch einen Löschwasserstrahl, ausgesetzt war, ist in der jetzigen Form der Löschwasserbeanspruchung nicht nachvollziehbar, weil diese erst nach 90 Minuten Branddauer erfolgt und auf bekleidete Stahlstützen mit Feuerwiderstandsklassen  $\geq F 90$  beschränkt wird.
- Aufgrund bestehender Festigkeitsanforderungen an Brandschutzbekleidungen zum Schutz gegen mechanische Beanspruchung im Gebrauchszustand kommen überwiegend nur Bekleidungsarten zur Anwendung, die nach statistischen Auswertungen auch hinreichend unempfindlich gegen eine Löschwasserbeanspruchung sind.
- Erfahrungen bei Bränden im Ausland, das besondere Festigkeitsanforderungen an Bekleidungen nicht kennt, lassen ein erhöhtes Risiko im Bereich von bekleideten Stahlstützen nicht erkennen. Unter Risikogesichtspunkten kann daher auf die Löschwasserbeanspruchung bei bekleideten Stahlstützen ohne weiteres verzichtet werden.
- Eine gravierende Reduktion des derzeit vorhandenen Schutzniveaus infolge Verringerung der Bekleidungsstärken ist kaum zu befürchten wenn in den künftigen harmonisierten europäischen Prüfbestimmungen für Bekleidungen von Stahlbauteilen (außer dämmschichtbildende Beschichtungen) grundsätzlich eine Prüfung an biegebeanspruchten Trägern festgelegt wird; in diesem Fall wird die Bekleidung durch größere Verformungen indirekt auch hinsichtlich ihrer mechanischen Festigkeit beansprucht. In den

Arbeitsgruppen der ECCS und EGOLF werden entsprechende Verfahren vorbereitet, die von deutscher Seite nachdrücklich unterstützt werden sollten. Besondere Aufmerksamkeit ist jedoch den dämmschichtbildenden Beschichtungen und vergleichbaren Schutzmaßnahmen zu widmen, da gerade bei höheren Feuerwiderstandszeiten die mechanische Festigkeit in Frage zu stellen ist.

### **3.4 FESTIGKEITSPRÜFUNG (BLEISCHROTSACK) BEI BRANDWÄNDEN**

Die durchgeführten Untersuchungen zum Prüfverfahren für Brandwände (siehe Anhang 3) haben zu folgenden Schlüssen und Empfehlungen geführt:

- Das Schutzziel bei Brandwänden, eine Brandausbreitung in einem benachbarten Brandabschnitt mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit, d.h. auch bei beliebigen Schäden in dem vom Brand betroffenen Brandabschnitt, zu verhindern, kann nach einhelliger Einschätzung der deutschen Fachleute bei Wegfall einer zusätzlichen Festigkeitsprüfung (Bleischrotsack) nicht mehr in vollem Umfang erreicht werden.
- Bei dem in DIN 4102 Teil 3 genormten Prüfverfahren wird das angestrebte Schutzziel nicht hinreichend deutlich weil
  - o der Stoß auf die dem Feuer abgekehrte Seite erfolgt, auf der definitionsgemäß mechanische Einwirkungen infolge brandbedingter Schäden nicht zu erwarten sind,
  - o die Stoßbelastung erst nach etwa 90 Minuten Brandbeanspruchung aufgebracht wird, obwohl brandbedingte Stoßursachen wesentlich früher auftreten,
  - o dem Prüfverfahren eine komplizierte, kaum nachvollziehbare Belastungsphilosophie zugrunde liegt, die besonders bei zweischaligen Brandwänden praxisfremd ist.
- Die deutscherseits weiterhin für erforderlich gehaltene erhöhte Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Zusatzbeanspruchun-

gen während eines Brandes läßt sich nicht indirekt durch Veränderung bzw. Ergänzung von Anforderungen z. B. durch

- o Erhöhung der Feuerwiderstandsdauer,
- o Prüfung bzw. Berechnung unter einer horizontalen statischen Ersatzlast oder
- o Festlegung von bestimmten Konstruktionsarten, simulieren, weil sich auch diese Zusatzanforderungen nicht schlüssig auf das Schutzziel zurückführen lassen oder (im letzten Fall) sich bereits in der Vergangenheit als ungeeignet und fortschrittshemmend erwiesen haben.

- Vom Schutzziel her wäre es naheliegender und daher leichter zu vertreten, den Stoß auf die brandbeanspruchte Seite aufzubringen. Dies ist jedoch versuchstechnisch nur mit unvertretbar großem Kostenaufwand zu realisieren.

- Unter prüftechnischen Gesichtspunkten gäbe es eine Alternative zum derzeitigen Verfahren nach DIN 4102 Teil 3, die auf international anerkannten Prüfvorschriften aufbaut, nämlich

- o Nachweis einer Feuerwiderstandsdauer von mindestens 90 Minuten (ggf. unter exzentrischer Last) nach CEN ... (ISO 834),
- o Festigkeitsprüfung durch Stoßbeanspruchung im (kalten) Gebrauchszustand in Anlehnung an ISO 7892 und ISO/DIS 7893.2, allerdings mit modifizierten Beanspruchungen und
- o Kalibrierung dieser modifizierten Stoßbeanspruchung anhand der heute üblichen Brandwandausführungen.

Die gleichen Ergebnisse wie bisher sind jedoch mit einem derart geänderten Prüfverfahren nicht zu erwarten.

Deshalb und wegen des geringen Interesses der europäischen Partnerländer an einem harmonisierten Prüfverfahren wurde im Spiegelausschuß "Bauteile" beschlossen, das Prüfverfahren nach DIN 4102 Teil 3, trotz der oben beschriebenen Inkonsistenzen, unverändert in die europäische Normung in CEN/TC 127 (ad hoc 10) einzubringen.

#### 4 SCHLUSSFOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN

Der Stand der europäischen Harmonisierung stellt sich nach Abschluß des Grundlagendokumentes "Brandschutz" (Fassung September 1991) wie folgt dar:

- Fortfall der mechanischen Beanspruchung von vertikalen, raumabschließenden Bauteilen in Form eines Kugelstoßes,
- Fortfall der Löschwasserbeanspruchung bei der Prüfung von bekleideten Stahlstützen und
- Beibehalten einer mechanischen Beanspruchung sowohl bei tragenden als auch bei nichttragenden, raumabschließenden Wänden für bestimmte Wandkonstruktionen (Klassifizierung "REI-M" bzw. "EI-M").

Damit sind die nach den Forschungsergebnissen in den Abschnitten 3.2 bis 3.3 verzichtbaren Zusatzprüfungen entfallen, während das notwendige "deutsche Schutzziel" erhöhter Festigkeit von Brandwänden (Abschnitt 3.4) in das Grundlagendokument "Brandschutz" eingeflossen ist.

Bei den beginnenden Beratungen in CEN/TC 127 wird darauf zu achten sein, daß bei den Prüfvorschriften für nichttragende Trennwände (partitions - ad hoc 9) praxisgerechte Einbausituationen mit Fugen und Querschnittsschwächungen (Einbauten) in die Prüfrandbedingungen einfließen. Darüber hinaus sollten im Anwendungsbereich bzw. bei den Extrapolations- und Interpolationsregeln zusätzliche konstruktive Maßnahmen zur Kompensation solcher Querschnittsschwächungen festgelegt werden.

Durch den Fortfall der Löschwasserbeanspruchung bei bekleideten Stahlstützen besteht zumindest für Bauteile mit einer Feuerwiderstandsdauer von  $\geq 90$  Minuten die theoretische Gefahr einer Reduzierung des Sicherheitsniveaus, wenn bei der Bearbeitung der Prüfbedingungen nicht darauf hingearbeitet wird, daß gegen mechanische Beanspruchung hinreichend widerstandsfähiger Bauarten zugelassen werden. Die zur Zeit in der Entwicklung befindlichen



Prüfverfahren für bekleidete Stahlbauteile sehen grundsätzlich Prüfungen an belasteten Biegeträgern vor, so daß durch die auftretenden Verformungen indirekt auch die Festigkeit der Bekleidung mitgeprüft wird. Außerdem ist bei der Erarbeitung der Prüfnormen bzw. der Produktnormen darauf zu achten, daß dämmschichtbildende Beschichtungen, die nach Aufschäumen in ihrer Struktur besonders leicht beschädigt werden können, für Feuerwiderstandszeiten > 60 Minuten nicht in Frage kommen. Für Ablationsbeschichtungen und Sublimationsbeschichtungen, die während der Brandbeanspruchung eine mechanisch feste Struktur entwickeln, sind entsprechende Grenzen nicht zu berücksichtigen.

Aus dem Grundlagendokument "Brandschutz" ergibt sich die Notwendigkeit eines Prüf- bzw. Berechnungsverfahrens zur Abdeckung der Anforderungen einer mechanischen Beanspruchbarkeit bei bestimmten Wandkonstruktionen (Brandwände). Aus der Erkenntnis, daß bei den übrigen Mitgliedern der CEN vergleichbare Schutzziele nicht bekannt sind, wird auf der Grundlage der Untersuchungen im Rahmen dieses Forschungsvorhabens empfohlen, das "DIN 4102 Teil 3-Verfahren" in die CEN-Normung einzubringen. Der deutsche Vertreter in CEN/TC 127 ad hoc 10 (additional requirements) sollte dazu die englische Übersetzung von DIN 4102 Teil 3 mit den entsprechenden Passagen als deutsches Vorschlag vorlegen.

Darüber hinaus wird empfohlen, daß bei den deutschen Prüfanstalten bei zukünftigen Prüfungen von Brandwänden nach DIN 4102 Teil 3 probeweise die in Abschnitt 3.4 aufgeführten Ergänzungsprüfungen (Festigkeitsprüfung durch Stoßbeanspruchung im Gebrauchszustand in Anlehnung an ISO 7892 und ISO/DIS 7893.2 und eine Kalibrierung dieser modifizierten Stoßbeanspruchung anhand der heute üblichen Brandwandausführungen) durchgeführt werden. Weiterhin sollten bei der Beanspruchung durch den Bleischrotsack detailliertere Messungen und Vergleichsberechnungen durchgeführt werden, die Ansätze für eine rechnerische Lösung ermöglichen könnten.

Harmonisierung von Prüfbestimmungen im  
vorbeugenden baulichen Brandschutz  
auf europäischer Ebene

Anhang 1

FESTIGKEITSPRÜFUNG UND RESTDICKE BEI  
RAUMABSCHLIESSENDEN WÄNDEN

Dr.-Ing. C. Meyer-Ottens

August 1990  
(Revision November 1990)

## INHALT

	Seite
0 Einleitung .....	2
1 Prüfvorschriften nach DIN 4102 Teil 2 .....	3
1.1 Vorschriften nach der Ausgabe 1940 .....	3
1.2 Vorschriften nach der Ausgabe 1965 .....	3
1.3 Vorschriften nach der Ausgabe 1970 .....	5
1.4 Vorschriften nach der Ausgabe 1977 .....	5
1.5 Sonstige Vorschriften nach der zur Zeit gültigen Normausgabe DIN 4102 Teil 2 (9/77) .....	6
1.5.1 Auswahl der Probekörper .....	6
1.5.2 Durchgehende Schicht aus Baustoffen der Klasse A .....	8
2 Wandarten .....	13
2.1 Wandarten nach DIN 4102 Teil 4 (3/81) .....	13
2.2 Wandarten nach DIN 4103 .....	15
3. Restdicke und Widerstandsfähigkeit gegen Stoßbeanspruchung von Wänden gemäß DIN 4102 Teil 2 (9/77) .....	17
3.0 Vorbemerkung .....	17
3.1 Wände unter Verwendung von Gipskarton-Platten .....	17
3.1.1 Prüferfahrungen mit genormten Konstruktionen .....	17
3.1.2 Allgemeine Erläuterungen zu Tabelle 4 .....	17
3.1.3 Schlußfolgerungen zu Tabelle 4 .....	20
3.1.4 Prüferfahrungen mit nicht genormten Konstruktionen .....	21
3.1.5 Schlußfolgerungen zu Tabelle 5 .....	22
3.2 Wände unter Verwendung von Gipsfaserplatten .....	22
3.2.1 Prüferfahrungen .....	22
3.2.2 Schlußfolgerungen zu Tabelle 6 .....	23
3.3 Wände aus Wandbauplatten aus Gips nach DIN 18 163 (6/78) .....	23
3.3.1 Prüferfahrungen .....	23
3.3.2 Schlußfolgerungen zu Abschnitt 3.3.1 .....	25
3.4 Sonstige Wände .....	27
3.4.1 Prüferfahrungen .....	27
3.4.2 Schlußfolgerungen zu Tabelle 7 .....	28
3.5 Zusammenfassung zu Abschnitt 3 .....	28
4 Versagensarten brandbeanspruchter Wände .....	30
4.1 Tragende Wände .....	30
4.2 Nichttragende Wände .....	30
4.2.1 Versagen infolge Festigkeitsprüfung .....	30
4.2.2 Versagen infolge $\Delta T > \text{zul } \Delta T$ .....	31
4.2.3 Versagen durch Undichtheit .....	31
4.3 Zusammenfassung und Wertung zu Abschnitt 4 .....	31
5 Schlußfolgerungen und Empfehlungen .....	32
6 Literatur .....	32

## 0 Einleitung

Im Zuge der Harmonisierung der Brandschutzbestimmungen innerhalb der EG ist der Wegfall

- der Festigkeitsprüfung (dreimaliger Kugelstoß) bei raumabschließenden Wänden,
- des Löschwasserversuchs bei Stützen mit Bekleidungen und
- der Sondervorschriften für Brandwände (Prüfverfahren nach DIN 4102 Teil 3)

zu erwarten.

Sollten die vorgenannten Streichungen tatsächlich eintreten, entfallen wesentliche Elemente des heute vorhandenen Sicherheitssystems. Es ist daher zu überprüfen, ob und - wenn ja - welche Ersatzmöglichkeiten vorhanden und vorzuschlagen sind.

Gleichgültig, wie die Entscheidungen getroffen werden, es wird voraussichtlich ab 1.1.1993 neue Vorschriften im Brandschutz geben.

Ein Teilaspekt ist der Fortfall der oben erwähnten Festigkeitsprüfung; im Zusammenhang damit steht die Restdicke einer Prüfwand nach dem Brandversuch. Aber auch Fragen der

- praxisgerechten Prüfung (Prüfung mit Steckdosen),
- durchgehenden Schicht, die während der Prüfdauer nicht zerstört werden darf,
- Klassifizierung und
- Dämmschicht in leichten Trennwänden

stehen mit dem gesamten Problem in Verbindung. Im folgenden wird über die Prüferfahrungen und die vorstehenden Teilaspekte berichtet.

## 1 Prüfvorschriften nach DIN 4102 Teil 2

### 1.1 Vorschriften nach der Ausgabe 1940

In der Fassung von DIN 4102 Ausgabe 1940 ist keine Festigkeitsprüfung vorgeschrieben - d.h. es wird keine Kugelstoßprüfung durchgeführt.

Statt dessen gibt es eine Vorschrift über die Restdicke zum Klassifizierungszeitpunkt von 30, 90 und 180 Minuten. Außerdem durften während der Beurteilungsdauer keine brennbaren Gase auftreten. Es wurde nur ein Brandversuch zur Klassifizierung herangezogen.

Zur Vorbereitung der 1965 erschienenen 3. Ausgabe von DIN 4102 wurden Grundsatzversuche zur Beurteilung der Widerstandsfähigkeit gegen Stoßbeanspruchung durchgeführt. Bei der BAM in Berlin wurden Platten-Bekleidungen/Bepankungen im kalten Zustand auf Widerstandsfähigkeit gegen Stoßbeanspruchung geprüft. Dabei wurden u.a. variiert: Platten-Material und -Dicke, Kugeldurchmesser und -gewicht zur Ausführung von Kugelstößen, Fallhöhe, Stoßenergie, Aufprallgeschwindigkeit sowie der Quotient Impuls/Fläche. Neben den Kugelstoßprüfungen wurden auch Prüfungen mit Sandsäcken durchgeführt. Außer den einzelnen Prüfergebnissen wurden Mittelwerte und Standardabweichungen ermittelt. Die Prüfergebnisse sind in [1] wiedergegeben.

Parallel hierzu wurden Festigkeitsprüfungen in Form von Kugelstößen bei brandbeanspruchten Wänden durchgeführt. Neben Massivwänden wurden leichte Trennwände mit Bekleidungen/Bepankungen aus verschiedenen Platten untersucht. Die Prüfungen wurden im Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität Braunschweig durchgeführt und sind in [2] beschrieben.

### 1.2 Vorschriften nach der Ausgabe 1965

In der Fassung von DIN 4102 Ausgabe 1965 werden grundsätzlich zwei Prüfungen für die Beurteilung zugrunde gelegt. Die Prüfung der brennbaren Gase wurde gestrichen. Aufgrund der Grundlagenuntersuchungen [1] und [2], die erst 1967 veröffentlicht wurden, wurde parallel zur Feststellung der Restdicke eine Alternativprüfung in Form der Festigkeitsprüfung (Kugelstoßversuch) eingeführt. Außerdem

wurden die Feuerwiderstandsklassen F 60 und F 120 zwischen die schon bestehenden Feuerwiderstandsklassen F 30 bis F 180 eingeschaltet. Die Festigkeitsprüfung galt bei den Feuerwiderstandsklassen F 30 und F 60 als Alternativprüfung; bei den Feuerwiderstandsklassen  $\geq F 90$  war die Festigkeitsprüfung alleiniges Beurteilungsmittel. In der Normfassung von 1965 wurde der Löschwasserversuch für Wände abgeschafft; er war nur noch für bekleidete Stützen erforderlich.

Zur geforderten Festigkeitsprüfung wird im Anschluß an die jeweilige Brandprüfung der eingebaute Probekörper an der nichtbeflammten Seite an drei verschiedenen, über der Fläche des Raumabschlusses etwa gleichmäßig verteilt gewählten Stellen einer Kugelstoßprüfung ausgesetzt. Dabei wird ein Pendel von etwa 1,7 m Länge, bestehend aus einer an einem Seil hängenden Stahlkugel von 15 bis 20 kg vor der Oberfläche des Probekörpers in 200 mm Abstand abgehängt und dann so weit ausgelenkt, daß beim Zurückfallen auf den Probekörper eine Stoßarbeit von 20 Nm (früher 2 kpm) entsteht.

Die vorstehend kurz zitierten Prüfvorschriften bedeuteten eine wesentliche Erleichterung bei der Versuchsdurchführung. An die Stelle der stoßenden und wegspülenden Beanspruchung durch den Löschwasserversuch trat nun die Festigkeitsprüfung in Form einer dreimaligen Kugelstoßprüfung.

Die Stoßbeanspruchung gestattete im übrigen als Alternativprüfung bei den Feuerwiderstandsklassen F 30 und F 60 die Möglichkeit, daß Wandkonstruktionen mit Dicken oder Restdicken  $< 10$  mm noch in eine Feuerwiderstandsklasse eingestuft werden konnten. Mit der Prüfvorschrift wurden andererseits leichte Wandkonstruktionen (leichte Trennwände), die bezüglich des Raumabschlusses und der Temperatur auf der dem Feuer abgekehrten Seite nach 90 oder mehr Minuten Brandbeanspruchung noch die Anforderungen erfüllten, im übrigen aber wenig standfest waren und der Stoß- bzw. Festigkeitsprüfung nicht widerstanden, von der Einstufung in die Feuerwiderstandsklassen  $\geq F 90$  ausgeschlossen.

Die Widerstandsfähigkeit einer tragenden oder nichttragenden Wand gegen Stoßbeanspruchung hängt im wesentlichen von folgenden Einflußgrößen ab:

1. Vom elastischen Verhalten (Rückfederungsvermögen) des Wand-Baustoffs  
[=  $f(\text{Festigkeit, E-Modul, Oberfläche})$ ],

2. vom elastischen Verhalten der Wandkonstruktion
  - a) Form, Verbund und Größe der Steine, Platten oder sonstigen Bauelemente,
  - b) Dicke und Abmessungen bzw. Schlankheit der Wand.
3. Von der Belastung der Wand, falls vorhanden, sowie
4. von den Lagerungsbedingungen der Wand (zweiseitig, dreiseitig bzw. vierseitig).

Die Prüfvorschriften in der Ausgabe 1965 wurden außerdem straffer gefaßt.

### 1.3 Vorschriften nach der Ausgabe 1970

In der Fassung von DIN 4102 Ausgabe 1970 werden die Prüfvorschriften weiter gestrafft. Unter "Feuerwiderstandsklasse F 30" heißt es in Abschnitt 3.1.1.1 sinngemäß u.a.:

"Wände müssen am Ende der Brandprüfung in einer Dicke ohne Hohlräume von mindestens 10 mm erhalten geblieben sein, andernfalls den Beanspruchungen der Festigkeitsprüfung (dreimaliger Kugelstoß) so widerstehen, daß ihre raumabschließende Wirkung erhalten bleibt."

Für die Feuerwiderstandsklassen  $\geq$  F 90 gilt u.a. sinngemäß folgende Vorschrift:

"Wände müssen am Ende der Brandprüfung den Beanspruchungen der Festigkeitsprüfung so widerstehen, daß die raumabschließende Wirkung erhalten bleibt."

Die übrigen Prüfvorschriften werden hier nicht behandelt, da sie die Festigkeitsprüfung nicht unmittelbar berühren.

### 1.4 Vorschriften nach der Ausgabe 1977

In der Fassung von DIN 4102 Ausgabe 1977 wird die Forderung nach einer Restdicke restlos fallengelassen; die Festigkeitsprüfung ist für alle Feuerwiderstands-

klassen (F 30 bis F 180) grundsätzlich durchzuführen. Im einzelnen heißt es in Abschnitt 5.2 der Norm "Anforderungen an Bauteile der Feuerwiderstandsklasse F 30" - ein Punkt, der auch für alle anderen Feuerwiderstandsklassen gilt - in Abschnitt 5.2.3 wörtlich:

"Raumabschließende Wände müssen zusätzlich den Beanspruchungen der Festigkeitsprüfung nach Abschnitt 6.2.9 so widerstehen, daß nach einer Prüfdauer von mindestens 30 Minuten die Anforderungen der Abschnitte 5.2.1 und 5.2.2 noch erfüllt bleiben."

## 1.5 Sonstige Vorschriften nach der zur Zeit gültigen Normausgabe DIN 4102 Teil 2 (9/77)

### 1.5.1 Auswahl der Probekörper

In Abschnitt 5.2.8 heißt es sinngemäß:

"Bauteile mit Bekleidungen, die zur Verbesserung der Feuerwiderstandsdauer dienen, müssen in dieser Verbindung die Anforderungen der Norm erfüllen. Dies gilt insbesondere für Bauteile mit Unterdecken, Ummantelungen, Vorsatzschalen und Beschichtungen.

#### Anmerkung:

In DIN 4102 Teil 2, Ausgabe 2/70, heißt es in Abschnitt 5.2.2 u.a.:

"Bauteile, Verkleidungen und Ummantelungen sind in gleicher Weise wie bei der praktischen Ausführung mit der vorgesehenen Befestigung zu prüfen."

In Abschnitt 6.2.2.2 der Norm heißt es:

"Bauteile und Bauteile mit Bekleidungen sind praxisgerecht mit ihren Konstruktionsfugen zu überprüfen."

In Abschnitt 6.2.2.3 der Norm heißt es dann wörtlich weiter:

"Bauteile und Bauteile mit Bekleidungen sind praxisgerecht mit ihren Anschlüssen und Befestigungsmitteln zu prüfen."



In Abschnitt 7.1 der Norm heißt es ebenfalls wörtlich weiter:

"Einbauten, z.B. Einbauleuchten, klimatechnische Geräte oder Bauteile, die in der Bekleidung angeordnet sind und diese aufteilen oder unterbrechen, sind praxisgerecht mitzuprüfen."

Der vorstehende Punkt aus Abschnitt 7.1 gilt wörtlich nur für Normkonstruktionen für die Prüfung von Bauteilen mit nichthinterlüfteten Bekleidungen. Die Arbeitsgemeinschaft der Brandschutzlaboratorien der Materialprüfanstalten (ABM) hat die vier vorstehenden, im Zusammenhang stehenden Prüfvorschriften weiter ausgelegt und unter der Forderung nach Einbauten bei Normkonstruktionen für die Prüfung von Wänden vereinheitlicht, daß bei der praxisgerechten Prüfung von Wänden auch die Mitprüfung von eingebauten Steckdosen zu verstehen ist.

Die von der ABM "präzisierten" Prüfvorschriften sind in [3] ausführlich beschrieben und behandelt. Die Literatur [3] galt seit dem Erscheinen der Normfassung 9/77 gewissermaßen als "offizieller Kommentar".

Die Forderung nach der Mitprüfung von Steckdosen, wie sie seit 9/77 eingehalten wird, ist wichtig, da die äußere Bekleidung bzw. Beplankung von leichten Konstruktionen unterbrochen - d.h. geschwächt - ist bzw. bei Wänden aus Beton, Ziegeln, Steinen oder Wandbauplatten die Installationsdicke (bei üblichen Steckdosen rd. 5 - 6 cm) berücksichtigt werden muß. Prüferfahrungen und Detailergebnisse sind in DIN 4102 Teil 4 (3/81) sowie in [3] angegeben.

Alle Klassifizierungen seit 9/77 berücksichtigen die vorstehenden Randbedingungen. Zukünftige Prüfvorschriften - z.B. nach ISO/EG ab 1992/93 - müssen bzw. sollten hierauf Rücksicht nehmen - insbesondere dann, wenn die Festigkeitsprüfung wegfällt. Beim Wegfall des Satzes "muß praxisgerecht geprüft werden - d.h. auch mit Steckdosen" gewinnt der mögliche Wegfall der Festigkeitsprüfung wieder an Bedeutung. Beim Wegfall von "praxisgerechter Steckdosen-Mitprüfung" und Festigkeitsprüfung sinkt das erreichte Klassifizierungsniveau. Beim Wegfall nur der Festigkeitsprüfung - d.h. bei Beibehaltung der praxisgerechten Prüfung mit Steckdosen - sinkt das erreichte Klassifizierungsniveau nur unbedeutend, siehe folgende Abschnitte. Beim Wegfall der praxisgerechten Steckdosen-Mitprüfung und der Festigkeitsprüfung wird das Klassifizierungsniveau in DIN 4102 Teil 4 (3/81)

und in allen auf DIN 4102 Teil 2 (9/77) basierenden Prüfzeugnissen verändert - zum Teil erheblich. Es werden dann z.B. Konstruktionen erlaubt, die wesentlich schwächer sind als die in DIN 4102 Teil 4 bzw. Prüfzeugnissen beschriebenen, heute üblichen Konstruktionen.

### 1.5.2 Durchgehende Schicht aus Baustoffen der Klasse A

#### 1.5.2.1 Zusammenfassung und Klassifizierung

Im Gegensatz zur ISO 834 Fassung 1975 wird in DIN 4102 Teil 2 Ausgabe 9/77 neben der Zusammenfassung der wichtigsten Prüfergebnisse eine Klassifizierung gefordert. Sie ist auch in EUR 8750 angegeben. Zur Zeit ist jedoch noch unklar, wie die endgültige Fassung für das Stichdatum 1992/93 aussieht. In DIN 4102 Teil 2 (9/77) heißt es unter Abschnitt 8.8 sinngemäß

"Zusammenfassung und Beurteilung der Prüfergebnisse sowie Klassifizierung der Bauteile. Es sind insbesondere anzugeben:

- Anzahl der durchgeführten Prüfungen,
- Angabe, von welcher Seite die Probekörper Brandbeanspruchungen ausgesetzt worden sind,
- Einbau- und Belastungsanordnung der Probekörper mit Angaben über die Belastungsart, das statische System und die hervorgerufenen Spannungen im Vergleich zu zulässigen Spannungen und Sicherheiten,
- Angaben über die Rauchentwicklung."

#### 1.5.2.2 Rauchentwicklung

Wie aus dem vorstehend zitierten Abschnitt 8.8.1 von DIN 4102 Teil 2 (9/77) hervorgeht, sind nach der Norm Angaben über die Rauchentwicklung besonders hervorzuheben. Auch wenn dies mehr oder weniger gut seit 1977 geschehen ist, hat man der Rauchentwicklung in der Praxis, da sie nicht in die Klassifizierung eingeht, wenig Beachtung geschenkt.

Die Rauchentwicklung bzw. -weiterleitung ist im wesentlichen ein Problem der Dichtigkeit von Fugen und Anschlüssen in Verbindung mit dem im Prüfofen vorgeschriebenen statischen Luftdruck - aber auch eine Frage der Unterkonstruktion und der Anordnung von Steckdosen. Die Rauchentwicklung gewinnt mit dem zu erwartenden Wegfall der Festigkeitsprüfung an Bedeutung, insbesondere auch im Zusammenhang mit

- dem verwendeten Wand- bzw. -Bekleidungs/Bepunktungs-Baustoff (ggf. ungünstiges Verhalten bei Verwendung brennbarer Baustoffe) und
- der Rest-Wand- bzw. -Bekleidungs/Bepunktungs-Dicke.

### 1.5.2.3 Benennung

Bauteile mit nach DIN 4102 Teil 2 (9/77) ermittelter Feuerwiderstandsklasse sind nach der Klassifizierung entsprechend den verwendeten Baustoffen in die Benennungen nach Tabelle 1 einzureihen (in DIN 4102 Teil 2: Tabelle 2).

Nach der Fußnote 1) (1b) gehört zu den wesentlichen Teilen 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 inneren dieser Schicht sind zulässig. Im Gegensatz zu Decken ist bei Wänden keine bestimmte Dicke der durchgehenden Schicht, die bei der Prüfung nicht zerstört werden darf, gefordert.

Die vorstehend zitierten Normvorschriften nach Tabelle 2 der Norm (hier Tabelle 1) waren früher in der Ausgabe 1970 sinngemäß im Text enthalten.

Nach [3] wird die vorstehende Vorschrift wie folgt ausgelegt:

"Wird die durchgehende Schicht bei raumabschließenden Bauteilen durch die Bekleidung gebildet, werden Unterbrechungen dieser Schicht - z.B. aneinanderstoßende Gipskartonplatten oder Löcher beim Einbau von Steckdosen u.ä. - bei der Einreihung in eine Benennung nicht gewertet. Voraussetzung für eine Klassifizierung und Benennung ist jedoch, daß an diesen "Schwachstellen" alle Normforderungen

Tabelle 1 (Original-Tabelle 2 aus DIN 4102 Teil 2)

	1	2	3	4	5
Zeile	Feuerwiderstandsklasse nach Tabelle 1	Baustoffklasse nach DIN 4102-Teil 2 der in den geprüften Bauteilen verwendeten Baustoffe für		Benennung <sup>2)</sup>  Bauteile der	Kurzbezeichnung
		wesentliche Teile <sup>1)</sup>	übrige Bestandteile, die nicht unter den Begriff der Spalte 2 fallen		
1	F 30	B	B	Feuerwiderstandsklasse F 30	F 30 - B
2		A	B	Feuerwiderstandsklasse F 30 und in den wesentlichen Teilen aus nichtbrennbaren Baustoffen <sup>1)</sup>	F 30 - AB
3		A	A	Feuerwiderstandsklasse F 30 und aus nichtbrennbaren Baustoffen	F 30 - A
4	F 60	B	B	Feuerwiderstandsklasse F 60	F 60 - B
5		A	B	Feuerwiderstandsklasse F 60 und in den wesentlichen Teilen aus nichtbrennbaren Baustoffen <sup>1)</sup>	F 60 - AB
6		A	A	Feuerwiderstandsklasse F 60 und aus nichtbrennbaren Baustoffen	F 60 - A
7	F 90	B	B	Feuerwiderstandsklasse F 90	F 90 - B
8		A	B	Feuerwiderstandsklasse F 90 und in den wesentlichen Teilen aus nichtbrennbaren Baustoffen <sup>1)</sup>	F 90 - AB
9		A	A	Feuerwiderstandsklasse F 90 und aus nichtbrennbaren Baustoffen	F 90 - A
10	F 120	B	B	Feuerwiderstandsklasse F 120	F 120 - B
11		A	B	Feuerwiderstandsklasse F 120 und in den wesentlichen Teilen aus nichtbrennbaren Baustoffen <sup>1)</sup>	F 120 - AB
12		A	A	Feuerwiderstandsklasse F 120 und aus nichtbrennbaren Baustoffen	F 120 - A
13	F 180	B	B	Feuerwiderstandsklasse F 180	F 180 - B
14		A	B	Feuerwiderstandsklasse F 180 und in den wesentlichen Teilen aus nichtbrennbaren Baustoffen <sup>1)</sup>	F 180 - AB
15		A	A	Feuerwiderstandsklasse F 180 und aus nichtbrennbaren Baustoffen	F 180 - 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.

Bei der Beurteilung des Brandverhaltens der Baustoffe können Oberflächen-Deckschichten oder andere Oberflächenbehandlungen außer Betracht bleiben.

2) Diese Benennung betrifft nur die Feuerwiderstandsfähigkeit des Bauteils; die bauaufsichtlichen Anforderungen an Baustoffe für den Ausbau, die in Verbindung mit dem Bauteil stehen, werden hiervon nicht berührt.

- kein  $\Delta T \geq \max$  zul  $\Delta T$ ,
- keine Flammen (ob in der neuen Vorschrift so enthalten - sehr fraglich) und
- keine Entzündung des Wattebauschs

erfüllt werden. Nach dem Einführungserlaß zu DIN 4102 Teil 2 sind bei der Einreihung in eine Benennung darüber hinaus

- a) Sperrschichten aus brennbaren Baustoffen gegen aufsteigende Feuchtigkeit und
- b) dauerplastische Versiegelungen von Fugen in den Bauteiloberflächen und bei Verglasungen

nicht zu berücksichtigen.

Die vorstehenden Angaben bzw. Randbedingungen für die heute gültigen Klassifizierungen/Benennungen spielen wiederum eine Rolle im Zusammenhang mit dem möglichen Wegfall der Festigkeitsprüfung; sie müssen daher hier angeführt werden. Einzelheiten können auch [3] entnommen werden.

#### 1.5.2.4 Zermürbung

Die durchgehende Schicht, die bei der Prüfung nach DIN 4102 nicht zerstört werden darf, steht bei bestimmten Bekleidungen bzw. Bepflankungen im unmittelbaren Zusammenhang mit der Widerstandsfähigkeit gegen Stoß, da diese Schicht der Festigkeitsprüfung widerstehen muß.

Bei Brandbeanspruchung der in Frage stehenden Baustoffe treten im allgemeinen sowohl im Makro- als auch im Mikrobereich Gefügeänderungen auf. Zum Teil kann man von einer Zermürbung sprechen. Gipsbaustoffe werden entwässert. Die Zermürbung ist hier auch durch feine Risse gekennzeichnet, die auch in tiefer liegenden, offensichtlich noch nicht beanspruchten Zonen verlaufen.

Wird eine Schicht als unzerstört gewertet, so geht sie in die Benennung ein. Ist eine unzerstört gebliebene Schicht vorhanden, dann lautet die Benennung von Bauteilen bzw. von einer Wand "F ...-A" oder "F ...-AB".

#### 1.5.2.5 Dämmschicht

Die durchgehende Schicht, die bei Wänden - wie schon erwähnt - im Gegensatz zu Decken keine bestimmte Dicke aufweisen muß, wird bei leichten Trennwänden - insbesondere bei Wänden mit einer Unterkonstruktion und Bekleidung - häufig durch eine Mineralfaser-Dämmschicht gebildet.

Bei Brandbeanspruchung wird die Dämmschicht mehr oder weniger stark durchwärmt. In der Regel verbrennt das Bindemittel. Übrig bleibt die ggf. geschrumpfte Dämmschicht. Die Zerstörung des Bindemittels wird bei der Beurteilung nicht gewertet. Die geschrumpfte, vom brennbaren Bindemittel "befreite" Dämmschicht aus Mineralfasern wird als durchgehend und noch nicht zerstört beurteilt, weshalb Wandkonstruktionen aus überwiegend brennbaren Baustoffen - z.B. leichte Trennwände mit Metall-Unterkonstruktion und einer Bekleidung aus Spanplatten - bei einer Feuerwiderstandsdauer > 90 Minuten in die Feuerwiderstandsklassen  $\geq$  F 90 und z.B. in die Benennung "F 90-AB" eingestuft werden können. Diese Benennung entspricht dem Begriff "feuerbeständig". Einzelheiten zu diesem Problem sind in [4] und [5] beschrieben.

Die durchgehende Dämmschicht, die zwar verändert, nach Auffassung der MPAs aber nicht zerstört wird, führt also zur Benennung von z.B. "F 90-AB" und hat wesentlichen Einfluß auf die Restdicke und Widerstandsfähigkeit gegen Stoß (Festigkeitsprüfung der Bekleidung/Bepunktung). Auf sie muß im Zusammenhang mit einem möglichen Wegfall der Festigkeitsprüfung daher ebenfalls aufmerksam gemacht werden. In diesem Zusammenhang sei auf DIN 4102 Teil 4 (3/81), Abschnitte 4.9.4.1 und 4.11.5.1 hingewiesen. Hier heißt es sinngemäß:

- "In allen Wänden aus Gipskarton-Bauplatten (Abschnitt 4.9.4.1) bzw. in allen raumabschließenden Wänden (Abschnitt 4.11.5.1) sind Dämmschichten zur Verbesserung des Feuerwiderstands notwendig. Sie müssen aus
- Mineralfasern nach DIN 18 165 Teil 1 (1/75) Abschnitt 2.1 bestehen,
  - der Baustoffklasse A nach DIN 4102 Teil 1 angehören und
  - einen Schmelzpunkt  $\geq$  1000 °C besitzen. Außerdem müssen sie
  - hinsichtlich der Fugen und Stöße in bestimmter Weise ausgeführt werden und
  - eine bestimmte Dicke aufweisen.

## 2 Wandarten

### 2.1 Wandarten nach DIN 4102 Teil 4 (3/81)

Aus der Sicht des Brandschutzes wird zwischen nichttragenden und tragenden sowie raumabschließenden und nichtraumabschließenden Wänden unterschieden. Im einzelnen werden in DIN 4102 Teil 4 (3/81) in Abschnitt 4 folgende Feuerwiderstandsklassen bzw. Wandarten behandelt:

1. Feuerwiderstandsklassen von Beton- und Stahlbetonwänden aus Normalbeton nach Abschnitt 4.2 (Tabelle 37/38). Erläuterungen zu diesen Wänden sind in [6] enthalten.
2. Feuerwiderstandsklassen von nichttragenden Wänden aus Leichtbeton mit geschlossenem Gefüge nach Abschnitt 4.3 (Tabelle 37).
3. Feuerwiderstandsklassen von Wänden aus Mauerwerk und Wandbauplatten einschließlich von Pfeilern und Stürzen nach Abschnitt 4.4 (Tabelle 39). Erläuterungen zu derartigen Wänden sind ebenfalls in [6] enthalten. Neuere Versuchserfahrungen sind in [13] wiedergegeben.
4. Feuerwiderstandsklassen von Wänden aus Leichtbeton mit haufwerksporigem Gefüge nach Abschnitt 4.5 (Tabelle 39).
5. Feuerwiderstandsklassen von Wänden aus bewehrtem Gasbeton nach Abschnitt 4.6 (Tabelle 40/41). Die Angaben in DIN 4102 Teil 4 sind nur "Grundlagen-Angaben". Wände aus Gasbeton-Wandplatten bedürfen zur Zeit einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung. Einzelheiten hierzu sowie Brandprüferfahrungen und Klassifizierungen/Randbedingungen sind in [7] enthalten.
6. Feuerwiderstandsklassen von Brandwänden nach Abschnitt 4.7 (Tabelle 42).
7. Feuerwiderstandsklassen zweischaliger Wände aus Holzwolle-Leichtbauplatten mit Putz nach Abschnitt 4.8 (Tabelle 43). Prüferfahrungen und weitere Verallgemeinerungen sind in [8] enthalten.

8. Feuerwiderstandsklassen von Wänden aus Gipskarton-Bauplatten nach Abschnitt 4.9 (Tabellen 44 bis 46). Erläuterungen und Verallgemeinerungen sowie die Behandlung von Konstruktionen, die nicht in DIN 4102 Teil 4 aufgenommen werden konnten, sind in [3] sowie [9] enthalten.
9. Feuerwiderstandsklassen von Fachwerkwänden mit ausgefüllten Gefachen nach Abschnitt 4.10; Erläuterungen siehe [9].
10. Feuerwiderstandsklassen von Wänden aus Holztafeln nach Abschnitt 4.11 (Tabellen 47 bis 50). Erläuterungen und Verallgemeinerungen sowie Behandlung von Konstruktionen, die nicht in DIN 4102 Teil 4 aufgenommen werden konnten, sind in [9] sowie in Kurzform in [10] behandelt.

Bei den Wänden nach den Punkten 1 - 6 spielt die Kugelstoßprüfung überhaupt keine Rolle. Die Wände werden höchstens beim Aufprall der Kugel in der äußersten Oberflächenschicht beeinflusst. Die in DIN 4102 Teil 4 (3/81) angegebene Mindestdicke an der unteren Klassifizierungsgrenze richtet sich nicht nach der Festigkeitsprüfung, sondern vielmehr nach der Dicke von einzubauenden Steckdosen. Die Mindestdicke an der untersten Klassifizierungsgrenze beträgt gemäß Tabelle 39 z.B.

- bei Wänden aus Wandbauplatten aus Gips nach DIN 18 163      60 mm    sowie
- bei Wänden aus Ziegeln oder Kalksandsteinen                      75 mm    und
- bei geputzten Wänden aus Ziegeln oder Kalksandsteinen      71 mm

Wie aus Abschnitt 3.3 hervorgeht, kann die Festigkeitsprüfung bei nur 60 mm dicken Wänden aus Wandbauplatten aus Gips nach DIN 18 163 jedoch auch eine Rolle spielen; hinsichtlich der Wände nach den Punkten 7 - 10 siehe Abschnitt 3.

Erläuternd sei hier vermerkt, daß die Wände mit Klassifizierungen/Benennungen nach DIN 4102 Teil 4 (unter den vorstehenden Punkten 1 - 10 aufgeführt) und nach DIN 4102 Teil 2 alle so konstruiert sind, daß sie der Festigkeitsprüfung standhalten und natürlich auch alle anderen Randbedingungen erfüllen (Steckdosen-Mitprüfung, durchgehende Schicht usw.).



## 2.2 Wandarten nach DIN 4103

Als DIN 4102 Teil 4 erarbeitet wurde, lag DIN 4103 nur in der Fassung vom Juni 1956 vor. Es gab lediglich einen Normentwurf zu Teil 1 vom Dezember 1974. Die Einteilung der Wände nach diesem Entwurf geht aus Tabelle 2 hervor.

Tabelle 2 Wandbauarten nach DIN 4103 Blatt 1 Entwurf Dez. 1974

Zeile	Begriff	Obergruppe	Wandbauarten Untergruppe	Beispiel
1	Vorwiegend auf der Baustelle gefertigte Wände	Wände im Fugenverband	Steinwände	Ziegel, KS, GS
2			Plattenwände	Gips, Leichtbeton, HWL
3			Glasbausteinwände	DIN 18 175 / DIN 4242
4		Monolithische Wände	Beton-, Mörtel-, Putzwände	$d \geq 50$ mm, hergestellt in Schalung oder mit Putzträger
5	Montagewände	Fachwerkwände	zimmermannsmäßige Wände nach DIN 1052	
6		Leichtskelettwände	Unterkonstruktion aus Holz, Metall o.ä. Beplankung: GKF, HWL, Spanplatten, sonst. Holzplatten, Holzbretter, Asbestzementtafeln, Stahlblechtafeln	
7		Elementwände	Vorgefertigte Wände aus Tafeln, z.B. aus Baustoffen gemäß den Zeilen 1 - 6	

Danach wurde zwischen Wänden, die auf der Baustelle gefertigt werden, und Montagewänden unterschieden. Die Oberbegriffe und auch Untergruppen zu dieser Einteilung sind mit Beispielen in Tabelle 2 enthalten.

Der Entwurf zu DIN 4103 (12/74) wurde grundlegend überarbeitet. DIN 4103 liegt heute mit dem Titel "Nichttragende innere Trennwände" mit folgenden Teilen vor:

- Teil 1 (07/84); Anforderungen, Nachweise
- Teil 2 (12/85); Trennwände aus Gips-Wandbauplatten
- Teil 4 (11/88); Unterkonstruktion in Holzbauart

Nichttragende innere Trennwände nach DIN 4103 Teil 4 (11/88) sind in Tabelle 3 aufgelistet. Hier wird nach verschiedenen Bekleidungen und der Ausführungsart der Bekleidung bzw. Beplankung unterschieden. Die Tabelle 3 enthält auch Anga-

Tabelle 3 Nichttragende innere Trennwände nach DIN 4103 Teil 4 (11/1988)  
 Unterkonstruktion in Holzbauart bzw. Metall<sup>1)</sup>

Bekleidungen oder Beplankungen nach DIN 4103 Teil 4 Abschnitt 3.2  
 jeweils einlagig (Zeilen 1 - 5, 7, 10, 15 - 17 u. 20) oder mehrlagig (Zeilen 6, 8 - 9,  
 11 - 14, 18 - 19 und 21 - 24)

(Bei mehrlagiger, auch anders zusammengesetzter Anordnung - z.B. in Kombination mit Gipskarton-  
 oder Gipsfaser-Platten - können dünnere Dicken gewählt werden + s. DIN 4102 Teil 4 (3/81)  
 sowie [9])

Zeile	Bekleidung (nichttragende Wände) <sup>2)</sup> Beplankung (tragende Wände) <sup>2)</sup>		Ausführung der Bekleidung oder Beplankung	Klassifiziert nach DIN 4102 Teil 4 (3/1981)		Bekleidungs- bzw. Beplankungsdicke (mm)		
				Ab-schnitt	Tabelle		F-Klasse	
1	Bretterschalung auf Unterkonstruktion aus Holz		z.Beisp. nach DIN 4072 oder DIN 68 122	4.11	49	F 30	13 <sup>3)</sup>	
2					50	F 60	13 <sup>3)</sup>	
3	Holzwerkstoffe auf Unterkonstruktion aus Holz		z.Beisp. Spanplatten nach DIN 68 763	4.11	48 - 49	F 30	8 bis 16	
4					48	F 60	19	
5					50	F 60	22	
6					48	F 90	2 x 19	
7	Gipskartonplatten auf einer Unterkonstruktion aus Holz	Holz	nach DIN 18 180	4.9	46	F 30	12,5	
8						F 60	2 x 12,5	
9						F 90	2 x 12,5 <sup>4)</sup>	
10	Metall <sup>1)</sup>			4.9	45	F 30	12,5	
11						F 60	2 x 12,5	
12						F 90	15 + 12,5 <sup>4)</sup> o. 2 x 12,5 <sup>4)</sup>	
13			F 120			2 x 18 <sup>4)</sup> o. 2 x 15 <sup>4)</sup>		
14			F 180			3 x 12,5		
15	ebene Asbestzementtafeln auf Unterkonstruktion aus Holz		nach DIN 274 Teil 4	4.11	49	F 30	6	
16					50	F 60	6 <sup>5)</sup>	
17	andere Werkstoffe auf einer Unterkonstruktion aus Holz	Holz	z.B. Gipsfaserplatten des Fabrikats "FERMACELL"	da nicht genormt, nicht in Teil 4 erfaßt, siehe jedoch [11]		F 30	10	
18						F 60	2 x 10	
19						F 90	11,5 + 10	
20						F 30	11,5	
21		Metall <sup>1)</sup>					F 60	2 x 10 <sup>4)</sup>
22							F 90	15 + 10 o. 12,5 + 10 <sup>4)</sup>
23							F 120	18 + 15 o. 15 + 12,5 <sup>4)</sup>
24							F 180	3 x 11,5

1) Für Montagewände aus Gipskartonplatten mit Metallunterkonstruktion gilt DIN 18 183; dies gilt sinngemäß auch für entsprechende Wände aus Gipsfaserplatten.

2) Bezeichnungen nach DIN 4102; nach DIN 4103 lauten die Bezeichnungen:

- Bekleidung: statisch nicht mitwirkend
- Beplankung: statisch mitwirkend

3) Außen-Bekleidung bzw. -Beplankung; auf der Innenseite: Holzwerkstoffplatte mit  $d \geq 13$  mm

4) Bei kleinerer Plattendicke wird die geringere Feuerwiderstandsdauer der Bekleidung durch eine höherwertige Mineralfaser-Dämmschicht ausgeglichen.

5) Außenbekleidung; bei F 60 mit  $d = 6$  mm wird die höhere Feuerwiderstandsklasse gegenüber F 30 mit  $d = 6$  mm durch eine stärker dimensionierte Innen-Bekleidung bzw. -Beplankung erzielt.

ben zur Klassifizierung nach DIN 4102 Teil 4 (3/81) sowie zur Bekleidungs- bzw. Beplankungsdicke.

### **3. Restdicke und Widerstandsfähigkeit gegen Stoßbeanspruchung von Wänden gemäß DIN 4102 Teil 2 (9/77)**

#### **3.0 Vorbemerkung**

In den folgenden Abschnitten werden die Restdicken und die Widerstandsfähigkeit gegen Stoßbeanspruchung (Festigkeitsprüfung nach DIN 4102 Teil 2) von Wänden behandelt. Dabei werden nach den Prüfungen, die im allgemeinen bei 3,0 m Wandhöhe durchgeführt werden, nur Wände erfaßt, die mit Klassifizierung bei einer Wandhöhe  $H \leq 5,0$  m ausgeführt werden dürfen. Prüfungen, die an überhohen Wänden durchgeführt wurden, um Randbedingungen für die Klassifizierungen für Wände mit  $H > 5,0$  m zu erhalten, werden nicht berücksichtigt.

#### **3.1 Wände unter Verwendung von Gipskarton-Platten**

##### **3.1.1 Prüferfahrungen mit genormten Konstruktionen**

Unter genormten Konstruktionen werden Wände verstanden, deren Konstruktion in DIN 4102 Teil 4 (3/81) angeführt sind. Die vorliegenden Prüferfahrungen über Restdicken sowie die Anzahl der bestandenen bzw. nicht bestandenen Festigkeitsprüfungen sind in Tabelle 4 zusammengestellt.

##### **3.1.2 Allgemeine Erläuterungen zu Tabelle 4**

Zu Tabelle 4 können folgende allgemeine Erläuterungen gegeben werden:

1. Die Prüfungen, die in den Zeilen 1 - 15 angegeben sind, stammen alle aus den Jahren 1967 - 1976. Auch wenn diese Prüfungen im heutigen Sinne (Normfassung 9/77) veraltet sind, sind die dennoch angeführt, da Angaben

Tabelle 4 Restdicke sowie Anzahl der bestandenen/nicht bestandenen Festigkeitsprüfungen von genormten Wänden aus Gipskarton-Platten mit verspachtelten Fugen und Anschlüssen

Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Zeile	Unterkonstruktion	Abschnitt/ Tabelle DIN 4102 Teil 4 3/81 1)	Bekleidungs- Art (Bemerkung) 1)	Dicke mm	Anzahl d. untersuch- ten Wände 2)	Prüf- dauer ETK min	Restdicke $d_{Rest}$ nach 30', 60', 90', 120', 180' mm	T an der Innenseite von $d_{Rest}$ °C 3)	Festigkeitsprüfung be- standen Anzahl 4)	nicht bestanden Anzahl 4)	in % von Sp. 5	F-Klasse DIN 4102 Teil 2 9/1977 1) 5)
1		-	GKB	15	2	68	~ 13		2			-
2		-	GKF	9,5	5	41	9,5		5			-
3		-	GKF (ohne MF)	12,5	3	38	?			3		-
4		4.9/46	GKF	12,5	12	41 - 63	> 10	600 - 700	12			F 30
5		4.9/46	GKF	12,5	2	78	?		1	1		F 30
6		4.9/46	GKF	15	3	64 - 82	~ 14	600	3			F 30 (+)
7		4.9/46	GKF	18	1	84	> 10	700	1			F 30 (+)
8		4.9/46	GKF	12,5 + 9,5	2	72	> 10		2	6)		F 30 (+)
9		4.9/46	GKF (Belastung)	2 x 12,5	1	123	2 x 12,5	350	1			F 60
10		-	GKF (ohne MF)	25	1	90	?			1		-
11		4.9/46	GKF	2 x 15	2	90	~ 13		2			F 90 (+)
12		-	GKF (Belastung)	25 + 9,5	2	156	25 + 9,5	100	2			(F 120)
13		-	GKF (Belastung)	25 + 9,5	1	180	25 + 9,5	80	1			(F 180)
14		-	GKF	25 + 9,5	1	212	7		1	6)		(F 180)
15	Zellen 1 - 14	-	GKB oder GKF	9,5-(25+9,5)	38	38 - 212	-	-	33	5	14	-
16		-	GKB	15	1	28	< 10			1		-
17		-	GKB (ohne MF)	15	2	50	> 10		2			-
18		4.9/45	GKF	15	4	88 - 105	> 10		4			F 30 (+)
19		4.9/45	GKF	18	2	104	> 10		2			F 30 (+)
20		4.9/45	GKF	12,5 + 9,5	2	112	>> 10		2			F 30 (+)
21		4.9/45	GKB	2 x 12,5	1	83			1			F 30 (+)
22		4.9/45	GKF	12,5	15	43 - 75	≤ 12,5		14	1		F 30
23		4.9/45	GKF	15	4	60	15		4			F 30 (+)
24		-	GKF-Sonderplatte	20	2	112			2			F 90
25		4.9/45	GKF	12,5 + 9,5	2	65			2			F 30 (+)
26		4.9/45	GKF	2 x 12,5	21	84 - 126	≥ 12,5		21			F 60 - F 90
27		4.9/45	GKF (Belastung)	25 + 9,5	1	95		100	1			F 90 (+)
28		4.9/45	GKF	25 + 9,5	1	164	> 10		1			F 90 (+)
29		4.9/45	GKF (Belastung)	2 x 18	2	125			2			F 120
30	Zellen 16-29	-	GKB oder GKF	12,5-(2x18)	60	28 - 126	-	-	58	2	3	-
31	Zellen 1-29	-	GKB oder GKF	4,5-(2x18)	98	28 - 212	-	-	91	7	7	F 30 - F 180

1) Prüfungen größtenteils vor 1977, siehe Abschnitt 3.1

2) Prüfungen größtenteils Braunschweig, siehe Abschnitt 3.1

3) Die Temperaturen wurden auf der Innenseite auf der dem Feuer abgekehrten Bekleidung gemessen; sie entsprachen in der Regel den Temperaturen auf der Innenseite von  $d_{Rest}$

4) Die Festigkeitsprüfung wurde entsprechend DIN 4102 Teil 2 in der Regel im Zeitraum 3 min vor 30, 60, 90, 120 bzw. 180 min durchgeführt.

5) Die in Spalte 12 angegebene Klassifizierung erfolgte nach DIN 4102 Teil 2 (9/77) entsprechend Spalte 2. Wenn in den ausgewerteten Unterlagen höhere Klassifizierungen nicht auch Teil 4, sondern nur Teil 2 entsprechen, sind die Klassifizierungen eingeklammert (= Sonderversuche).

6) Im Falle der Zeile 9 wurden 2 zusätzliche Stöße mit je 120 mm (= 6-facher Normstoß) aufgebracht.  
Im Falle der Zeile 14 wurden 3 zusätzliche Stöße mit je 170 mm (= 8,5-facher Normstoß) aufgebracht.  
Der Raumabschluß blieb jeweils gewahrt; die Einbeulung betrug max. 10 mm (Zeile 9) und 15 mm (Zeile 14) nach dem letzten Stoß.

7) Die Normstöße wurden jeweils am Ende der Prüfdauer gemäß Spalte 6 aufgebracht; der Raumabschluß blieb gerade noch gewahrt.

- zur Restdicke,  
- zur Temperatur auf der "Innenseite der Restdicke" und  
- zum Verhalten gegen Stoßbeanspruchung  
enthalten sind. Es sind daher auch Rückschlüsse zur Festigkeitsprüfung im allgemeinen möglich.

2. Die Prüfungen, die in den Zeilen 16 - 29 angegeben sind, stammen überwiegend aus dem Zeitbereich vor 1977, zum Teil sind aber auch Prüfungen aufgenommen worden, die nach der Normfassung 9/77 durchgeführt wurden.

3. Die Prüfungen, die in den Zeilen 1 bis 30 angegeben sind, stammen überwiegend aus der Prüfanstalt Braunschweig; es sind aber auch Prüfungen aus den Prüfanstalten Dortmund und Berlin erfaßt, soweit sie verfügbar waren.
4. Alle Schlußfolgerungen, die zu Prüfungen vor September 1977 gezogen wurden, sind bezüglich der heute gültigen Normfassung falsch bzw. nicht mehr verwendbar, da die Prüfungen z.B. ohne Steckdosen-Mitprüfung durchgeführt wurden. In Spalte 12 der Tabelle 4 sind dennoch Klassifizierungen angegeben. Sie beziehen sich auf die zur Zeit gültige Normfassung 9/77. Wenn die Randbedingungen zu den Konstruktionen hohe Prüfdauern ermöglicht haben - vgl. auch Spalte 6 von Tabelle 4 - und die Randbedingungen wesentlich günstiger waren, als sie in DIN 4102 Teil 4 aufgeführt sind, dann ist in Spalte 12 der Tabelle 4 ein (+)-Zeichen angegeben.
5. Die Wände wurden zum Teil mit Konsolen und Konsollasten geprüft, wie sie für den kalten Zustand nach DIN 4103 für bestimmte Beurteilungen vorgeschrieben sind. Stichwortartige Erläuterungen hierzu sind in [3] angegeben.
6. Bei den ausgewerteten Prüfungen handelt es sich um Wände mit und ohne Dämmschichten:
  - wenn ohne Dämmschicht geprüft wurde, so ist dies in Spalte 3 vermerkt; hier steht dann der Hinweis "ohne MF" - d.h. ohne Mineralfaser-Dämmschicht. Wenn dennoch eine Klassifizierung angegeben ist, dann beruht das auf der Tatsache, daß die Steckdosen-Löcher mit einer Sonderkonstruktion geschützt wurden; dies ist bei nicht genormten Konstruktionen grundsätzlich möglich.
  - wenn mit Dämmschicht geprüft wurde, dann entsprach die Dämmschicht nicht immer den Randbedingungen, wie sie in DIN 4102 Teil 4 (3/81) Abschnitt 4.9.4.1 oder 4.11.5.1 angegeben sind.
  - In einem Fall (zwei Prüfungen) bestand die Dämmschicht nicht aus Mineralfaserplatten, sondern aus Styropor-Beton.
7. In Spalte 6 von Tabelle 4 ist die Prüfdauer angegeben. Der Prüfung lagen stets die Temperaturbedingungen der Einheits Temperatur-Zeit-Kurve zugrunde.

Die Prüfungen wurden jeweils beim Erreichen irgendeines Kriteriums abgebrochen. Die Prüfdauer ist daher mit  $t_{ETK}$  gekennzeichnet.

8. In Spalte 7 ist die Restdicke angegeben. Zum Teil ist sie nur mit "> 10 mm" gekennzeichnet, da keine genauen Ermittlungen durchgeführt wurden und die Normforderung seinerzeit nur lautete "> 10 mm" bzw. "< 10 mm".
9. In Spalte 8 von Tabelle 4 ist die Temperatur auf der Innenseite von  $d_{rest}$  angegeben. Wenn in Spalte 7  $d_{rest}$  mit "> 10 mm" angegeben wurde, dann bezieht sich die Temperatur auf die Innenseite der vom Feuer abgelegenen Bekleidung/Bepankung. Diese Temperaturen wurden stets zum Zeitpunkt  $t_{ETK}$  gemessen; sie beziehen sich also nicht auf die Klassifizierungsgrenzen von 30, 60, 90, 120 oder 180 Minuten.

### 3.1.3 Schlußfolgerungen zu Tabelle 4

Die Festigkeitsprüfungen verliefen, wie aus Tabelle 4 hervorgeht, nur dann negativ, wenn die Restdicke  $d_{rest} = 2$  mm (siehe Zeile 3) oder  $\leq 12,5$  mm (1 Versuch, Zeile 22) bzw.  $< rd. 10$  mm war. Zusammengefaßt kann gesagt werden, daß wohl eine Restdicke von ca. 10 mm erforderlich ist, um noch einen positiven Ausgang der Festigkeitsprüfung zu erreichen, d.h. die tatsächliche Restdicke muß vermutlich  $\geq 10$  mm sein, wenn der Raumabschluß bei der Durchführung der Kugelstoßprüfung noch erhalten bleiben soll. Diese Vermutung wird auch durch die Auswertungen in Abschnitt 3.3 (Bilder 2 und 3) bestätigt.

Die Gesamtauswertung der Tabelle 4 ergibt in Zeile 31 eine Negativquote bei der Festigkeitsprüfung von 7 %, d.h. bei 98 untersuchten Konstruktionen wurde der Raumabschluß bei der Durchführung der Festigkeitsprüfung nur in 7 Fällen (7 %) nicht gewahrt. Dieses Ergebnis entspricht der schon früher veröffentlichten Prozentzahl [3]. Abschließend kann zur Tabelle 4 (genormte Wandkonstruktionen aus Gipskartonplatten) gesagt werden, daß der mögliche Wegfall der Festigkeitsprüfung das Sicherheitsniveau allgemein nicht sehr beeinflußt, wenn man nur die Festigkeitsprüfung und nicht die übrigen Randbedingungen wertet.

### 3.1.4 Prüferfahrungen mit nicht genormten Konstruktionen

Unter nicht genormten Konstruktionen werden Wandkonstruktionen verstanden, die nicht in DIN 4102 Teil 4 aufgeführt sind. Der Nachweis der Feuerwiderstandsklasse/Benennung von Wänden aus nicht genormten Konstruktionen erfolgt stets über Prüfzeugnisse. Von derartigen Prüfzeugnissen wurden 70 Wandkonstruktionen ausgewertet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5 angegeben. Die in Abschnitt 3.1.2 zu Tabelle 4 gegebenen allgemeinen Erläuterungen gelten auch für Tabelle 5; zum Teil sind sie jedoch nicht maßgebend. Die Fußnoten zu Tabelle 5 geben hier weitere Auskunft.

Tabelle 5 Restdicke sowie Anzahl der bestandenen/nicht bestandenen Festigkeitsprüfungen von nicht genormten Wänden aus Gipskarton-Platten (nicht verspachtelte Fugen und Anschlüsse)

Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Zeile	Unterkonstruktion	Fugen-Anschlußkonstruktionen mit	Bekleidungs- bzw. Art (Bemerkung)	Dicke mm	Anzahl d. untersuchten Wände	Prüfdauer t <sub>ETK</sub> min	Restdicke d <sub>Rest</sub> nach 30', 60', 90', 120' mm	T an der Innenseite von d <sub>Rest</sub> °C	Festigkeitsprüfung	bestanden Anzahl	nicht bestanden Anzahl	in % von Sp.5	F-Klasse DIN 4102 Teil 2	
			1)						2)	2)		1) 3)		
1	Holz	Schiebepprofilen	GKF	12,5	3	35			3			F 30		
2		Klemmprofilen		12,5	6	38 - 52			6			(F 30)		
3		Hutprofilen		12,5	1	30				1			-	
4				12,5	14	34 - 60			14				F 30 - (F 30)	
5				12,5	2	109	> 10		2				(F 60)	
6				15	1	59				1			-	
-7				Schrauben, Fugen offen	15	2	30	> 10		2				(F 30)
8				Hutprofilen	15	2	96			2				(F 60)
9				Klemmprofilen	10 + 13 <sup>4)</sup>	2	46			2				(F 30)
10				Hutprofilen	2 x 9,5	2	47			2				(F 30)
11	Metall			Bandrasterprofilen	12,5x 9,5	2	65			2				(F 30)
12				Klemmprofilen	2 x 12,5	2	100			2				(F 90)
13		Hutprofilen		2 x 12,5	1	73					1			-
14		Hutprofilen		2 x 12,5	12	90 - 119			12					(F 60) - F 90
15		geschraubt, Fugen offen		25	2	105			2					(F 90)
16		Hutprofilen		25	2	60			2					(F 30)
17		Bandrasterprofilen		25	2	84								(F 60)
18		geschraubt, Fugen offen		15 + 12,5		100	< 10							-
19		geschraubt, Fugen offen		15 + 12,5	2	60			2					(F 60)
20		Hutprofilen		15 + 12,5	4	102-120			4					F 90
21		Hutprofilen		15 + 12,5	2	133			2					F 120
22	Bandrasterprofilen	25 + 9,5		2	135	> 10		2					F 90	
23	-	I Zeilen 1 - 22	GKF	-	70	24 - 135	-	-	67	3	4	F 30 - F 120		

1) Prüfungen liegen zwischen 1968 und 1988 (46 entsprechend 66 % nach 1977) und wurden nur in Braunschweig durchgeführt.

2) Die Festigkeitsprüfung wurde entsprechend DIN 4102 Teil 2 im Zeitraum von 3 min vor 30, 60, 90 bzw. 120 min durchgeführt.

3) Die eingeklammerten Werte deuten darauf hin, daß die Gültigkeit der Klassifizierungen aus irgendwelchen - auch aus Gründen des Antragstellers - nicht verlängert wurde.

4) 10 mm GKF innen + 13 mm Spanplatte außen

### 3.1.5 Schlußfolgerungen zu Tabelle 5

Zu Tabelle 5 können ähnliche Schlußfolgerungen wie zu Tabelle 4 gezogen werden, siehe Abschnitt 3.1.3. Bei 70 der untersuchten Konstruktionen waren nur drei Festigkeitsprüfungen negativ. Das entspricht einer Negativquote von 4 %.

## 3.2 Wände unter Verwendung von Gipsfaserplatten

### 3.2.1 Prüferfahrungen

Wände unter Verwendung von Gipsfaserplatten werden in der Bundesrepublik Deutschland mit Platten des Fabrikats "FERMACELL" hergestellt. Diese Platten sind nicht genormt, weshalb Wände unter Verwendung derartiger Platten nicht in DIN 4102 Teil 4 (3/81) aufgeführt sind. Das Brandverhalten derartiger Wände wird vielmehr durch Prüfzeugnisse oder Gutachten beurteilt. Umfangreiche Erfahrungen sind in [9] bzw. [11] enthalten.

Tabelle 6 Restdicke sowie Anzahl der bestandenen/nicht bestandenen Festigkeitsprüfungen von Wänden aus Gipsfaser- (FERMACELL-)-Platten mit verspachtelten sowie nicht verspachtelten Fugen und Anschlüssen

Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Zelle	Unterkonstruktion	Fugen und Anschlüsse sind	Bepunktungs- bzw. Bekleidungs- Art (Bemerkung)	Dicke mm	Anzahl d. untersuchten Wände	Prüfdauer $t_{ETK}$ min	Restdicke Rest nach 30', 60', 90' mm	T an der Innenseite von d. Rest °C	Festigkeitsprüfung bestanden Anzahl	nicht bestanden Anzahl	In % von Sp. 9	F-Klasse DIN 4102 Teil 2 9/1977
			1)		2)			3)	4)	4)		1)
1	Holz	verspachtelt	Gipsf.	10	2	41	> 10		2			F 30
2			Gipsf. (Belastung)	10	2	41			2			F 30
3			Gipsf.	12,5	2	38	> 10		2			F 30
4			Gipsf.	2 x 10	2	85	> 10		2			F 60
5			Gipsf.	15 + 10	2	107	~ 10		2			F 90
6	Metall ähnlich DIN 18 183	verspachtelt	Gipsf.	12,5	1	44			1			F 30
7			Gipsf.	12,5+10	6	102-105	~ 10		6			F 90
8		nicht verspachtelt	Gipsf.	12,5	5	39 - 53			4	1		F 30
9	Zellen 1 - 8	-	Gipsfaserplatten	10-(15+10)	22	38 - 107	-	-	21	1	5	F 30 - F 90

1) Prüfungen alle nach 1977 (1979 - 1988); Klassifizierung entsprechend DIN 4102 Teil 2 (9/77).

2) Prüfungen rd. 2/3 Braunschweig und rd. 1/3 Dortmund.

3) T wurde nicht gemessen.

4) Die Festigkeitsprüfungen wurden entsprechend DIN 4102 Teil 2 (9/77) stets im Zeitraum 3 min vor 30, 60 und 90 min durchgeführt.



Hinsichtlich der Restdicke und der Anzahl der bestandenen/nicht bestandenen Festigkeitsprüfungen von Wänden aus Gipsfaserplatten bestehen die Erfahrungen, wie sie in Tabelle 6 zusammengestellt sind. Diese Tabelle enthält Konstruktionen mit verspachtelten Fugen und Anschlüssen sowie mit nicht verspachtelten Konstruktionsteilen. Bei den verspachtelten Konstruktionen ist nahezu eine Identität mit den Konstruktionen gegeben, wie sie in DIN 4102 Teil 4 (3/81) Abschnitt 4.9 bei Konstruktionen unter Verwendung von Gipskartonplatten angeführt sind.

### 3.2.2 Schlußfolgerungen zu Tabelle 6

Wie aus Tabelle 6 ersichtlich ist, konnten insgesamt 22 Prüfungen ausgewertet werden. Sie stammen aus den Prüfanstalten Braunschweig und Dortmund. Bei den 22 untersuchten tragenden und nichttragenden Wänden spielte die Festigkeitsprüfung bei 21 Konstruktionen überhaupt keine Rolle; lediglich bei einer einzigen Konstruktion konnte ein Versagen infolge Kugelstoßbeanspruchung festgestellt werden. Dieser eine Fall entspricht einer Negativquote von 5 %, einem Wert, der in der Größenordnung der bereits mitgeteilten Werte bei GK-Wänden liegt.

## 3.3. Wände aus Wandbauplatten aus Gips nach DIN 18 163 (6/78)

### 3.3.1 Prüferfahrungen

Wände aus Wandbauplatten aus Gips nach DIN 18 163 werden mit starren oder mit gleitenden Deckenanschlüssen konstruiert. Das Prinzip der Anschlüsse ist aus Bild 1 ersichtlich. Es konnten verschiedene Prüfzeugnisse mit insgesamt 9 Wandkonstruktionen mit starren Deckenanschlüssen ausgewertet werden. Dabei wurden 3 Wände mit einer Wanddicke  $d_0 = 60$  mm und 4 Wände mit einer Wanddicke  $d_0 = 80$  mm untersucht. Außerdem wurde das Brandverhalten bei einer Wand mit  $d_0 = 100$  mm und bei einer weiteren Wand mit  $d_0 = 125$  mm geprüft. Fünf dieser Wände bestanden aus Wandbauplatten aus Gips der Plattenart LP, vier Wände aus Platten der Plattenart MG (Bild 1).

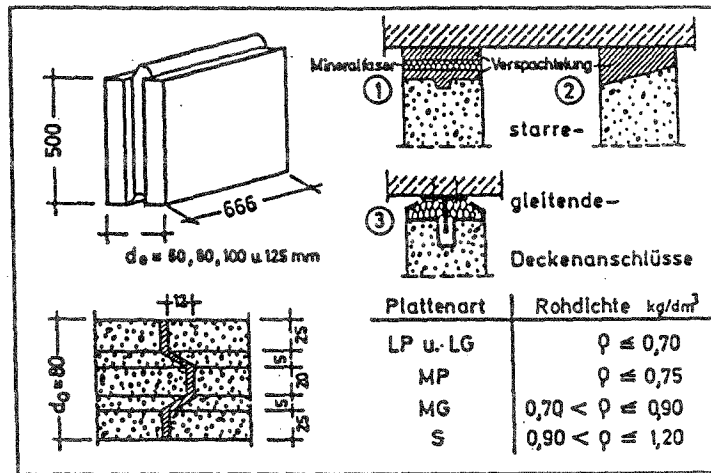


Bild 1: Wandbauplatten aus Gips nach DIN 18 163 (6/78)

Bei einigen Wänden wurde die Temperaturverteilung innerhalb des Wandquerschnitts bei einseitiger ETK-Beanspruchung gemessen. Die Temperaturverteilung für die Zeiten  $15 \text{ min} \leq t_{\text{ETK}} \leq 180 \text{ min}$  sind in Bild 2 für eine 60 mm dicke und eine 80 mm dicke Wand dargestellt.

Bei einseitiger Brandbeanspruchung wurden die Wandbauplatten aus Gips ähnlich wie die vorstehend beschriebenen Gipskarton- und Gipsfaser-Platten auf der Brandseite zermürbt. Dabei entstanden sowohl im Makro- als auch im Mikrobereich Risse. Nach den Brandversuchen konnte festgestellt werden, daß sich die stark mit Rissen durchsetzte Schicht auf der Feuerseite loslösen ließ. Diese Schicht wird durch die lösbare Schichtdicke  $t$  gekennzeichnet (Bild 2). Die verbleibende Restdicke  $d$  ergab sich in Abhängigkeit von der Temperatur, wie es in Bild 2 dargestellt ist. Die Temperaturen in der Schicht der Restdicke  $d$  lagen immer unter  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ . Die Temperaturen in der lösbaren Schichtdicke  $t$  lagen immer oberhalb von  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ . Hieraus wird gefolgert, daß die Temperatur bzw. Entwässerung des Gipses in unmittelbarem Zusammenhang mit den Dicken  $t$  und  $d$  steht. Da keine genaueren Untersuchungen durchgeführt wurden, kann die Temperaturgrenze nur mit etwa  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  angegeben werden.

Bei einer Wand mit  $d_0 = 60 \text{ mm}$  ging der Raumabschluß bei der 3. Stoßprüfung verloren. Bei einer Wand mit einer Dicke  $d_0 = 80 \text{ mm}$  wurde am Ende der Prüfdauer von 180 Minuten ein zusätzlicher Stoß mit 50 Nm aufgebracht. Bei dieser zusätzlichen Stoßbeanspruchung blieb der Raumabschluß gewahrt. Bei einer 125 mm dicken Wand wurde ein zusätzlicher Stoß mit 120 Nm aufgebracht. Auch bei dieser Beanspru-

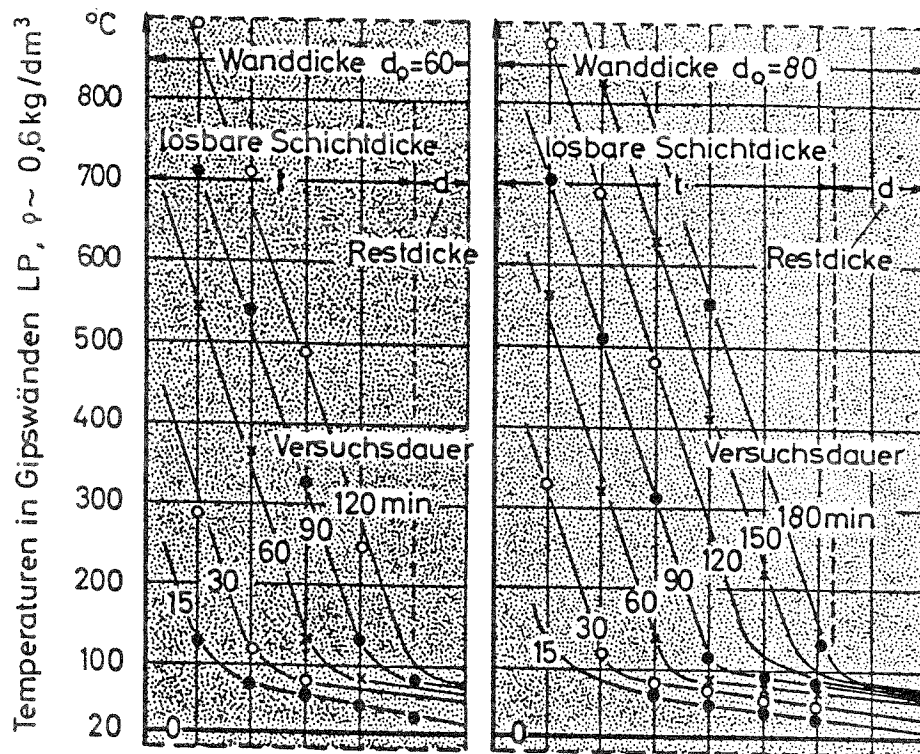


Bild 2: Temperaturverteilung in Wänden aus Wandbauplatten aus Gips (LP) nach DIN 18 163 (6/78) bei Dicken  $d_0 = 60$  mm und  $d_0 = 80$  mm sowie lösbare Schichtdicke  $t$  und Restdicke  $d$  bei Brandbeanspruchung nach DIN 4102 Teil 2 (9/77) - ETK-Beanspruchung

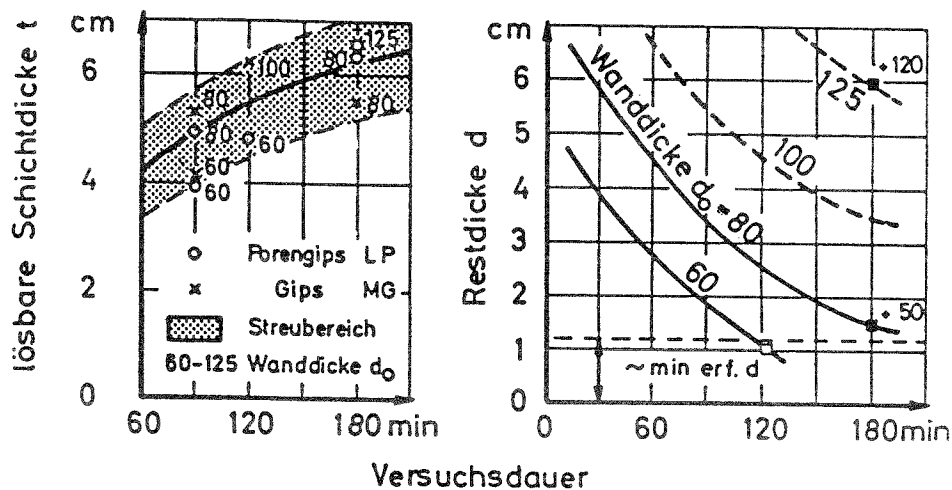


Bild 3: Lösbare Schichtdicke  $t$  und Restdicke  $d$  sowie Widerstandsfähigkeit gegen Stoß bei Wänden aus Wandbauplatten aus Gips (LP und MG) nach DIN 18 163 bei Brandbeanspruchung nach DIN 4102 Teil 2 (9/77) - ETK-Beanspruchung

chung blieb der Raumabschluß nach 180 Minuten Prüfdauer erhalten.

Die lösbare Schichtdicke  $t$  ist in Bild 3 im linken Diagramm dargestellt. Der negative Kugelstoß bzw. die zwei positiven Ergebnisse der Festigkeitsprüfung sind in Bild 3 im rechten Diagramm durch ein offenes sowie zwei fette, ausgefüllte Quadrate gekennzeichnet.

### 3.3.2 Schlußfolgerungen zu Abschnitt 3.3.1

Aus der Tatsache, daß

- die Restdicke bzw. die lösbare Schichtdicke durch die Temperaturgrenze von rd. 100 °C gekennzeichnet ist,
- eine Festigkeitsprüfung bei 120 min Brandbeanspruchung und einer Wanddicke  $d_0 = 60$  mm negativ verlief und
- zwei Festigkeitsprüfungen mit zusätzlicher Stoßbeanspruchung (4. Stoß mit jeweils 50 Nm bzw. 120 Nm) positiv verliefen,

wurde in Bild 3 im rechten Diagramm die Abhängigkeit der Restdicke  $d$  von der Versuchsdauer mit der Wanddicke  $d_0$  als Parameter in der Tendenz aufgezeichnet. Die Kurven stellen also keine echten Meßergebnisse, sondern nur eine Vermutung dar. Diese Vermutung führt wieder zu der Tatsache, daß die erforderliche Restdicke  $d$  mindestens etwa 10 mm betragen muß, wenn die Festigkeitsprüfung positiv überstanden werden soll.

Bei den hier in Frage stehenden Wänden aus Wandbauplatten aus Gips ist die Oberfläche nicht wie bei Gipskartonplatten mit einem Karton beschichtet. Gipskartonplatten verhalten sich durch die "Oberflächenbeschichtung" mit Karton gegenüber der Stoßbeanspruchung zum Teil günstiger. Gipskartonplatten sind bei der Festigkeitsprüfung elastischer - d.h. ein Stoß wird "leichter zurückgewiesen". Bei Wandbauplatten aus Gips, bei denen ein unelastischeres Verhalten vorliegt, ist der Eindruck der Kugel in den Gipswandbaustoff größer, die Energie wird nicht durch Zurückfedern, sondern durch "Zerstörung" aufgebraucht.

### 3.4 Sonstige Wände

#### 3.4.1 Prüferfahrungen

Neben den bereits behandelten genormten und nicht genormten Wänden gibt es noch eine Reihe nicht genormter Wände mit einer Unterkonstruktion aus Metall oder Holz und einer Bekleidung bzw. Beplankung aus unterschiedlichen Platten. Diese nicht genormten Wände haben unterschiedliche Fugen und Anschlüsse. Das Brandverhalten dieser Wände wird grundsätzlich in Prüfzeugnissen beschrieben. Die vorhandenen Prüferfahrungen von insgesamt 368 leichten inneren Trennwänden (Prüfungen in Braunschweig) sind in Tabelle 7 wiedergegeben. In einigen Fällen handelte es sich um tragende Wände; dies ist in der Spalte 2 der Tabelle durch eine Bemerkung gekennzeichnet. Im übrigen handelte es sich stets um nichttragende leichte Trennwände.

Tabelle 7 Anzahl der bestandenen/nicht bestandenen Festigkeitsprüfungen von nicht genormten Wänden mit einer Unterkonstruktion und diversen Platten als Bekleidungen/Beplankungen mit unterschiedlichen Fugen und Anschlüssen

Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	
Zeile	Unterkonstruktion 1)	Leichte innere Trennwand Bekleidungs- bzw. Beplankungs- Art (Bemerkungen) <sup>1)</sup>	Dicke mm	Anzahl d. untersuchten Wände 2)	Prüf- dauer t <sub>ETK</sub> min	Festigkeitsprüfung be- standen Anzahl	Festigkeitsprüfung nicht bestanden Anzahl (%) v. Sp. 4	F-Klasse DIN 4102 Teil 2 9/77 3)	
1	CaSi	CaSi-Platten	10	8	109 - 182	8		(F 60) - (F 120)	
2	Metall		3 - 10	2	≤ 68	2		(F 30)	
3			8	3	≤ 99	3		(F 90)	
4			10	12	102 - 180	12		F 90 - F 120	
5			12	18	100 - 152	18		F 30 - F 120	
6			(Belastung)	20	15	80 - 175	15		F 60 - F 120
7			(Belastung)	25 + 20	2	≤ 240	2		(F 180)
8				2 x 20	4	≤ 90	4		F 60
9				3 x 15	4	≤ 105	4		(F 90)
10		Metall	Diverse Platten in Blechbekleidung	≤ 13	79	30 - 125	79		F 30 - F 120 (F 30) - (F 180)
11	Holz	HWL	15 - 35	4	≤ 180	4		(F 90) - (F 180)	
12	Holz	B 1 - A 2 Spanplatten	8 - 16	23	≤ 118	23		F 30 - F 90	
13	Metall	B 2 Holzwerkstoffplatten	16 - 19	6	≤ 90	6		(F 30) - (F 90)	
14	Holz		8 - 20	188	30 - 90	188		F 30 - (F 60)	
15	Σ Zeilen 1 - 14	diverse Platten	3 - 25	368	30 - 240	368	0 + 0 %	F 30 - (F 180)	

1) CaSi = Calcium-Silikat- bzw. Kalzium-Silikat-Platten [12]  
HWL = Holzwoolleleichtbauplatten nach DIN 1101  
Weitere Bemerkungen siehe Abschnitt 3.4

2) Prüfungen größtenteils Braunschweig, teilweise BAM Berlin, Dortmund und Stuttgart;  
davon 113 Prüfungen vor 1977 (31 %) und 255 Prüfungen nach 1977 (69 %)

3) Eingeklammerte F-Klassen weisen darauf hin, daß die aufgezählten Klassifizierungen heute nicht mehr gültig sind.

### 3.4.2 Schlußfolgerungen zu Tabelle 7

Wie aus Tabelle 7 ersichtlich ist, sind als Bekleidungs- bzw. Bepunktungsbaustoffe keine Gipsbaustoffe wie Gipskartonplatten, Gipsfaserplatten oder Gipswandbauplatten verwendet worden. Eine Zermürbung derartiger Platten steht bei der Auswertung der hier in Frage stehenden Wände daher nicht zur Diskussion. Infolgedessen fand auch bei keiner der 368 untersuchten Konstruktionen ein Versagen infolge der Festigkeitsprüfung statt, siehe Spalte 7. Die Negativquote kann daher mit 0 % angegeben werden.

Es ist auch keine Prüfung bekannt, über die nur mit einem Brief oder gar nicht berichtet wurde. Eine entsprechende Aussage über das Verhalten von Wänden an anderen Prüfanstalten besteht in der gleichen Weise. Aus den 368 ausgewerteten Prüfungen aus der Braunschweiger Prüfanstalt und den vorliegenden sonstigen Erfahrungen kann daher gesagt werden, daß die Festigkeitsprüfung (dreimaliger Kugelstoß) keinen Einfluß auf das Brandverhalten bzw. die Widerstandsfähigkeit solcher Konstruktionen gegen Stoßbeanspruchung hat.

Bemerkenswert ist noch die Tatsache, daß die kleinste untersuchte Plattendicke 3 mm betrug (Zeile 2 von Tabelle 7). Auch hier gab es keine negativen Erfahrungen.

Bei den untersuchten Wänden mit Blechbekleidungen (Zeile 10) kamen im allgemeinen Bleche mit einer Dicke  $0,5 \text{ mm} \leq s \leq 0,88 \text{ mm}$  zum Einsatz. Hinter den Blechen war aus brandschutztechnischen Gründen eine isolierende Platte angeordnet; sie bestand meistens aus 12,5 mm dicken Gipskartonplatten, in einigen Fällen auch aus Holzfaserplatten. Auch in diesen Fällen fand kein Versagen statt, da die "Blechbeschichtung" der empfindlichen Platten elastisch genug war, um der Festigkeitsprüfung zu widerstehen.

### 3.5 Zusammenfassung zu Abschnitt 3

Wie aus den vorstehenden Abschnitten hervorgeht, waren Negativerfahrenungen hinsichtlich der Festigkeitsprüfung nur bei Gipsbaustoffen feststellbar. Die Negativquote betrug maximal 11 % und minimal 4 %, im Durchschnitt lag sie bei 7 %. Eine Zusammenfassung aller ausgewerteten Prüfungen gemäß den Abschnitten 3.1 bis 3.4 enthält Tabelle 8.

Tabelle 8 Zusammenfassung der ausgewerteten Prüfungen

Spalte	1	2	3	4	5	
Zeile	Kurzbeschreibung 1)	Bauart gemäß	Anzahl der ausgewerteten Festigkeitsprüfungen	der nicht bestandenen Festigkeitsprüfungen % von Sp. 3	F-Klasse DIN 4102 Teil 2 9/1977 2)	
1	Genormte GK-Wände	Tab. 4	98	7	7	F 30 - F 180
2	nicht genormte GKF-Wände	Tab. 5	70	3	4	F 30 - F 120
3	Gipsfaserpl.-Wände	Tab. 6	22	1	5	F 30 - F 90
4	Wände aus Wandbau- platten aus Gips nach DIN 18 163	Abschn. 3.3 Bilder 1-3	9	1	11	F 60 - F 180
5	nicht genormte Trennwände aus diversen Platten	Tab. 7	368	0	0	F 30 - (F 180)
6	$\Sigma$ aller Wände	Tab. 4-7 u. Abschn. 3.3	567	12	2	F 30 - F 180

1) Details siehe Abschnitt 3.1 bis 3.4

2) Eingeklammerte F-Klassen weisen darauf hin, daß die Klassifizierungen nicht mehr gültig sind.

Die Zusammenfassung aller Prüfergebnisse zeigt, daß insgesamt 567 Konstruktionen hinsichtlich der Festigkeitsprüfung untersucht werden konnten. Bei den 567 Konstruktionen trat ein Versagen infolge der Festigkeitsprüfung bei insgesamt 12 Konstruktionen auf. Das entspricht einer Negativquote von 2 %.

Bei den Auswertungen stammen die Prüfergebnisse überwiegend aus der Prüfanstalt Braunschweig; es wurden aber auch Prüfungen aus den Prüfanstalten Berlin, Dortmund und Stuttgart erfaßt.

Es wird die Vermutung ausgesprochen, daß die Negativquote bei Erfassung weiterer Wände aus den genannten Prüfanstalten keine wesentliche Veränderung ergibt.

Die untersuchten Feuerwiderstandsklassen, die zu der genannten Negativquote gehören, lauten F 30 bis F 180, siehe Spalte 5 in Tabelle 8.

## 4 Versagensarten brandbeanspruchter Wände

### 4.1 Tragende Wände

Bei den tragenden Wänden können im wesentlichen folgende Bauarten unterschieden werden:

1. Massivwände (Beton, Mauerwerk)
2. Wände in Tafelbauart
  - a) Tafeln aus Holzwerkstoffen, im wesentlichen aus Spanplatten, siehe z.B. DIN 4102 Teil 4 (3/81), Abschnitt 4.11,
  - b) Tafeln aus Gipskarton- oder Gipsfaserplatten,
  - c) Tafeln aus Kalzium-Silikat-Platten und
  - d) Tafeln aus sonstigen Platten.

Entscheidendes Kriterium für die Feuerwiderstandsdauer tragender Wände ist im allgemeinen die Tragfähigkeit (Querschnittsabmessungen, Schlankheit, Materialfestigkeit, Belastung und vorhandene Spannung). Die Feuerwiderstandsdauer wird von den in der vorstehenden Klammer angegebenen Parametern beeinflusst. Im Gegensatz dazu treten die übrigen Kriterien (Überschreitung von  $\Delta T$ , Dichtigkeit/Wattebauschprüfung, Festigkeitsprüfung/Kugelstoß, Durchbrand, Verlust des Raumabschlusses usw.) in den Hintergrund.

### 4.2 Nichttragende Wände

Maßgebend für die brandschutztechnische Beurteilung sind die Kriterien, die im vorstehenden Absatz im allgemeinen als sekundär betrachtet werden. Im einzelnen kann dazu folgendes gesagt werden:

#### 4.2.1 Versagen infolge Festigkeitsprüfung

Die Zusammenfassung aller vorliegenden Erfahrungen enthält Abschnitt 3. Wie aus Tabelle 8 hervorgeht, spielt die Festigkeitsprüfung - für sich allein betrachtet - fast überhaupt keine Rolle. Lediglich bei Baustoffen aus Gips werden Nega-



tivquoten von maximal 11 % und im Mittel von 7 % erreicht. Bezogen auf alle untersuchten Wände (567 Stck.), beträgt die Negativquote nur 2 %.

#### 4.2.2 Versagen infolge $\Delta T > \text{zul } \Delta T$

Die national (DIN 4102 Teil 2) und international (ISO 834, EUR 8750, CEN...) festgelegte Grenze der zulässigen Temperaturerhöhung von  $\text{zul } \Delta T = 140/180 \text{ K}$  ist in Verbindung mit der praxisgerechten Prüfung im allgemeinen das entscheidende Kriterium.  $\text{zul } \Delta T$  wird in der Regel an Fugen, Anschlüssen, Wärmebrücken, Steckdosen-Einbauten o.ä. überschritten.

#### 4.2.3 Versagen durch Undichtheit

Die national und international vorhandene Prüfung mit dem Wattebausch zur Feststellung der Dichtheit bzw. Undichtheit kann ebenso häufig wie das Kriterium  $\Delta T > \text{zul } \Delta T$  von entscheidender Bedeutung sein.

Unzulässig undichte Stellen in einer raumabschließenden Wand treten bei praxisgerechter Prüfung im allgemeinen an Fugen, Anschlüssen, Steckdosen-Einbauten o.ä. auf. Oft tritt ein Versagen zusammen mit der Überschreitung von  $\text{zul } \Delta T$  ein.

Die Undichtheit und/oder die überhitzte kritische Stelle mit  $\Delta T > \text{zul } \Delta T$  führt bei Konstruktionen aus brennbaren Baustoffen im allgemeinen zum nachfolgenden Durchbrand.

#### 4.3 Zusammenfassung und Wertung zu Abschnitt 4

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß das entscheidende Kriterium - insbesondere bei nichttragenden Wänden - die praxisgerechte Prüfung ist. Wenn praxisgerecht - d.h. z.B. auch mit Steckdosen-Einbauten - geprüft wird, ist das Prüfergebnis umfassend. Die Klassifizierung erfaßt alle Risiken und beurteilt das Sicherheitsniveau "ehrlich", das durch die Feuerwiderstandsklassen F 30 bis F 180 gegeben ist.

## 5 Schlußfolgerungen und Empfehlungen

Die im einzelnen ausgewerteten Prüfungen sowie die vorstehenden Überlegungen führen zu folgenden Erkenntnissen und Empfehlungen:

- Das brandschutztechnische Schutzziel bei raumabschließenden Wänden, die Ausbreitung von Feuer auch nach mechanischer Beanspruchung durch brandbedingt umfallende Gegenstände zu verhindern, kann mit den üblichen Trennwandkonstruktion auch dann erreicht werden, wenn diese nur hinsichtlich Feuerwiderstandsdauer und nicht mehr hinsichtlich Festigkeit geprüft werden.
- Als kritisch erwiesen sich beim Kugelstoßversuch lediglich geschwächte Bereiche leichter Trennwandkonstruktionen, z.B. in Verbindung mit Fugen, Holztüren, sonstigen Öffnungen oder Installationen. Stellvertretend hierfür werden derzeit Steckdosen mitgeprüft. Eine lokale Reduktion des Feuerwiderstandes kann jedoch auch dadurch verhindert werden, daß anstelle einer zusätzlichen Festigkeitsprüfung vorgeschrieben wird, bei allen Querschnittschwächungen den notwendigen Feuerwiderstand durch konstruktive Maßnahmen in vollem Umfang zu gewährleisten.
- Um das heutige deutsche Sicherheitsniveau im Rahmen der europäischen Harmonisierung bei nichttragenden Trennwänden aufrechtzuerhalten, müssen demnach in CEN/TC 127, adhoc-Gruppe 9 "partitions", einerseits klare Prüfbestimmungen im Hinblick auf eine praxisgerechte Einbausituation (z.B. mit Fugen) und andererseits konstruktive Maßnahmen für häufig vorkommende Querschnittschwächungen durchgesetzt werden.

## 6 Literatur

- [1] Struck, W.; Böhmert, W.: Gedanken und Versuche zum Ermitteln von Prüfverfahren für die Beurteilung des Verhaltens von Wandtafeln gegenüber stoßartiger Beanspruchung. Berichte aus der Bauforschung, Heft 50, W. Ernst & Sohn, Berlin, 1967.
- [2] Meyer-Ottens, C.; Bub, H.: Stoßbeanspruchung bei Wänden mit bestimmter Feuerwiderstandsdauer und bei Brandwänden. Berichte aus der Bauforschung, Heft 50. W. Ernst & Sohn, Berlin, 1967.
- [3] Meyer-Ottens, C.: Brandverhalten von Bauteilen, DIN 4102 Teil 2 und Ergänzende Bestimmungen mit Erläuterungen und Beispielen aus DIN 4102 Teil 4. Brandschutz im Bauwesen (BRABA), Heft 22, Teil I. E. Schmidt-Verlag, Berlin, 1981.
- [4] Meyer-Ottens, C.: Brandschutzvorschriften der neuen Musterbauordnung (MBO - Dezember 1981). Bundesbaublatt Heft 8, August 1982.
- [5] Meyer-Ottens, C.: Baulicher Brandschutz nach neuem Bauaufsichtsrecht - Brandrisiken im Bereich von Baustoffen und Bauteilen.
  - a) Bundesbaublatt Heft 7, 1985,
  - b) vfdb-Zeitschrift, Heft 3, (34) 1985.
- [6] Kordina, K.; Meyer-Ottens, C.: Beton-Brandschutz-Handbuch. Betonverlag Düsseldorf, 1981.
- [7] Kordina, K.; Meyer-Ottens, C.: Brandverhalten von Gasbetonbauteilen, Erläuterungen zu DIN 4102 Teil 4, Ausgabe März 1981. Bundesverband der Gasbeton-Industrie e.V., Bericht 4, Wiesbaden, 1986.
- [8] Leichtbauplatten-Fibel - Wärmeschutz, Brandschutz, Schallschutz. Bundesverband der Leichtbauplatten-Industrie e.V., München, 1985.
- [9] Kordina, K.; Meyer-Ottens, C.: Holz-Brandschutz-Handbuch. Deutsche Gesellschaft für Holzforschung, München, 1983.
- [10] Kordina, K.; Meyer-Ottens, C.: Feuerhemmende Holzbauteile (F 30-B) nach DIN 4102 Teil 4. Informationsdienst Holz. Entwicklungsgemeinschaft Holzbau (EGH) in der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung, München, 7/1983.
- [11] Kordina, K.; Meyer-Ottens, C.: FERMACELL-Gipsfaserplatten, brandschutztechnischer Vergleich zu Gipskartonplatten; Gutachtliche Stellungnahme zur Verwendung von FERMACELL-Gipsfaserplatten im Vergleich zu Gipskarton-Bauplatten als Beplankung bzw. Bekleidung bei Wänden, Decken, Dächern, Trägern, Stützen und Zuggliedern zur Erzielung bestimmter Feuerwiderstandsklassen nach DIN 4102 Teil 2 (9/1977), Braunschweig, 1983.
- [12] PROMAT-Feuerschutz-Katalog, Düsseldorf - Ratingen, 2/1988.
- [13] Kordina, K.; Hahn, C.: Brandschutz im Mauerwerksbau. Mauerwerks-Kalender 1987. W. Ernst & Sohn, Berlin, 1987.

Harmonisierung von Prüfbestimmungen im  
vorbeugenden baulichen Brandschutz  
auf europäischer Ebene

Anhang 2

LÖSCHWASSERBEANSPRUCHUNG BEI BEKLEIDETEN STÜTZEN

Dr.-Ing. C. Meyer-Ottens

September 1990  
(Revision November 1990)

## INHALT

	Seite
1	Prüfvorschriften nach DIN 4102 Teil 2.....2
1.1	Vorschriften nach der Ausgabe 1940 (Blatt 1/3).....2
1.2	Vorschriften nach der Ausgabe 1965.....3
1.3	Vorschriften nach der Ausgabe 1970.....4
1.4	Vorschriften nach der Ausgabe 1977.....5
2	Prüfvorschriften in anderen Ländern.....6
2.1	Prüfvorschriften im EG-Bereich.....6
2.2	Prüfvorschriften in Österreich.....6
2.3	Prüfvorschriften in den Vereinigten Staaten von Amerika (USA).....6
3	Bauaufsichtliche Anforderungen.....7
4	Brandschutz-Bekleidungen.....10
4.1	Bekleidungsarten.....10
4.2	Bekleidungsstärken.....10
4.3	Häufigkeit, Kosten.....11
5	Hintergründe für die Löschwasserbeanspruchung.....12
6	Mögliche Veränderungen der Bekleidungsstärken beim Fortfall der Löschwasser-Beanspruchung bei bekleideten Stahlstützen.....13
6.1	Allgemeines.....13
6.2	Zukünftige Stärken bei Beton- und Mauerwerksbekleidungen.....15
6.3	Zukünftige Stärken bei GKF-Plattenbekleidungen.....15
6.4	Zukünftige Stärken bei Ca-Si-Platten.....18
6.5	Zukünftige Stärken bei Spritzputzen.....20
6.6	Zukünftige Stärken bei sonstigen Bekleidungsmaterialien.....22
6.7	Zusammenfassung der möglichen Reduzierungen.....24
7	Verlängerung der Feuerwiderstandsdauer als Ersatz für den möglichen Fortfall der Löschwasserbeanspruchung.....28
7.1	Bekleidete Stahlstützen.....28
7.2	Stahlbetonstützen.....29
8	Wertung aller Aussagen.....30
9	Schlußfolgerungen und Empfehlungen.....32
	Literatur.....33

## 1 Prüfvorschriften nach DIN 4102 Teil 2

### 1.1 Vorschriften nach der Ausgabe 1940 (Blatt 1/3)

In der Fassung von DIN 4102 Ausgabe 1940 heißt es wie in der ersten Normausgabe von 1934 bei feuerbeständigen Bauteilen:

"Als feuerbeständig gelten Bauteile aus nicht brennbaren Baustoffen, die bei einem Brandversuch nach DIN 4102 Blatt 3 während einer Prüfzeit von 1 1/2 Stunden unter der Einwirkung des Feuers und des Löschwassers ihr Gefüge nicht wesentlich ändern, ihre Standfestigkeit und Tragfähigkeit nicht verlieren und den Durchgang des Feuers verhindern."

Weiter heißt es:

"Allseitig feuerbeständig ummantelte Bauteile dürfen sich während des Brandversuchs auf höchstens 250 °C erwärmen."

Zu diesen alten Normvorschriften sollen folgende Erläuterungen gegeben werden:

1. Wie dem zitierten Normtext zu entnehmen ist, war der Löschwasserversuch nichtg nur bei Stützen, sondern bei allen Bauteilen gefordert - also auch bei z.B. Decken und Wänden.
2. Die Anforderung hinsichtlich der Löschwasserbeanspruchung galt nicht für feuerhemmende, sondern nur für feuerbeständige (und auch für hochfeuerbeständige) Bauteile.

Die Begriffe wie F 30, F 90 und F 180 gab es damals noch nicht.

3. Was unter einer "nicht wesentlichen Änderung des Gefüges" verstanden wurde, war nicht genauer definiert.
4. Wegen der fehlenden Klarheit in der Anforderung und aus Sicherheitsgründen zur Minderung des Risikos war weiter bestimmt worden, daß sich feuerbeständig ummantelte Bauteile auf höchstens 250 °C erwärmen durften, was insbesondere für ummantelte Stahlstützen galt, da bei  $\geq$  feuerbeständigen Bauteilen

- Holzstützen wegen der Forderung nach nichtbrennbaren Baustoffen ohnehin aus-  
scheiden und
  - bei Stahlbetonstützen (oder Mauerwerkspfeilern) nicht definiert war, an wel-  
cher Stelle die Temperaturgrenze einzuhalten war, wobei die Kerntemperatu-  
ren massiger Stützen ohnehin niedrig lagen.
5. Nach dem hier nicht zitierten Normtext wurde weiter verlangt, daß feuerhem-  
mende Bauteile selbst nicht in Brand geraten durften. Aus den Normbestimmun-  
gen war hinsichtlich von Stützen damit folgendes ablesbar:
- Holzstützen konnten nur feuerhemmend sein, wenn sie eine "feuerhemmende Be-  
kleidung" aufwiesen, wobei das seinerzeitige Blatt 2 der Norm hier nur eine  
1 1/2 cm dicke Putzbekleidung nannte.
  - Holzstützen konnten wegen der Forderung nach nichtbrennbaren Baustoffen  
nicht  $\geq$  feuerbeständig sein.
  - Stahlstützen konnten im allgemeinen nur feuerhemmend sein, wenn sie wie  
Holzstützen feuerhemmend ummantelt waren.
  - Stahlstützen konnten nur  $\geq$  feuerbeständig (mit Löschwasserbeanspruchung)  
sein, wenn sie allseitig  $\geq$  feuerbeständig ummantelt waren. Was bei feuerbe-  
ständig hierunter zu verstehen war, war im seinerzeitigen Blatt 2 definiert  
(u.a. Beton- oder Mauerwerksdeckung  $\geq$  3 cm) oder in Prüfzeugnissen be-  
schrieben, wenn die Löschwasserbeanspruchung und die 250 °C-Grenze eine po-  
sitive Einstufung erlaubten.
  - Stahlbetonstützen konnten nur  $\geq$  feuerbeständig (mit Löschwasserbeanspru-  
chung) sein, wenn sie bestimmte Querschnittsabmessungen aufwiesen, wobei zu  
sagen ist, daß die Löschwasserbeanspruchung nie eine Rolle spielte.

## 1.2 Vorschriften nach der Ausgabe 1965

In der Fassung von DIN 4102 Ausgabe 1965 wurden aus Gründen der Minderung des  
Risikos grundsätzlich zwei Prüfungen für die Beurteilung zugrunde gelegt. Stati-  
stisch gesehen wurde die Unterschreitungswahrscheinlichkeit der jeweiligen Klas-  
sifizierungsgrenze von 50 % (1 Prüfung) auf 33 % (2 Prüfungen) gesenkt. Außerdem  
wurden die Feuerwiderstandsklassen mit F 30 bis F 180 benannt, wobei die Klassen

F 60 und F 120 neu geschaffen wurden. Die Schaffung der F-Klassen bedeutete damals die erste Loslösung von den verbalen Begriffen feuerhemmend, feuerbeständig und hochfeuerbeständig.

Der Löschwasserversuch wurde bei üblichen Bauteilen wie Decken, Wänden usw. gestrichen und galt nur noch für Stützen  $\geq$  F 90. An die Stelle der stoßenden und wegspülenden Beanspruchung durch den Löschwasserversuch trat bei Wänden die Festigkeitsprüfung - vgl. Abschnitt 1.2 im Hauptabschnitt II "Festigkeitsprüfung und Restdicke bei Raumabschließenden Wänden".

### 1.3 Vorschriften nach der Ausgabe 1970

In der Fassung von DIN 4102 Ausgabe 1970 wurden die Prüfvorschriften weiter gestrafft, wobei auch eine neue Aufteilung geschaffen wurde - jetzt 4 Normblätter (statt bisher 3). Hinsichtlich der Stützen und Löschwasserbeanspruchung wurden folgende Änderungen vorgenommen:

1. Die Löschwasser-Beanspruchung war nur noch bei Stützen mit "Verkleidungen oder Ummantelungen" durchzuführen, wobei die Beanspruchung in einem eigenen Abschnitt genauer beschrieben wurde.
2. Die Anforderung für  $\geq$  F 90 wurde hinsichtlich der Löschwasserbeanspruchung wie folgt definiert: "Dabei dürfen die tragenden Stahlteile oder die lotrechten Bewehrungsstäbe mit ihrer Verbügelung oder Umschnürung nicht freigelegt werden."
3. Die 1934 eingeführte Temperaturgrenze von 250 °C, die schon bei der Ausgabe 1965 umstritten war, wurde fallen gelassen.

Mit den Normänderungen wurde ein umfangreicherer Teil 4 als "Katalog" der (neutral) klassifizierten Baustoffe und Bauteile - damals noch Blatt 4 - herausgebracht, wobei erstmals Stahlbeton- und Stahlstützen für die Feuerwiderstandsklassen F 30, F 90 und F 180 detailliert beschrieben wurden.



#### 1.4 Vorschriften nach der Ausgabe 1977

In der Fassung von DIN 4102 bleibt es im Prinzip bei den Forderungen der Ausgabe 1970, der Normtext wird jedoch wie folgt gestrafft und präzisiert:

"5.4.2 Bei Stützen mit Bekleidungen muß unmittelbar nach einem Brandversuch ein Probekörper der Löschwasserbeanspruchung nach Abschnitt 6.2.10 standhalten. Dabei dürfen die tragenden Stahlteile oder die lotrechten Bewehrungsstäbe mit ihrer Verbügelung oder Umschnürung nicht in gefahrdrohender Weise freigelegt werden."

Der vorstehend zitierte Abschnitt gilt für alle Feuerwiderstandsklassen  $\geq F 90$ , wobei für die Beanspruchung im genannten Abschnitt 6.2.10 Prüfdetails geregelt sind. Im völlig neu erstellten Katalog der klassifizierten Bauteile von DIN 4102 Teil 4 werden 1981 erstmals im Stahlbeton- und Stahlbau systematisch unter Variation verschiedener Parameter die Randbedingungen für Stützen mit Löschwasserbeanspruchung ( $\geq F 90$ ) angegeben. Da Stahlbetonstützen mit normaler Ausführung (entsprechend DIN 1045) in alle Feuerwiderstandsklassen eingestuft werden können, haben die in DIN 4102 Teil 4 zu Putzbekleidungen gemachten Angaben nur "akademischen" Charakter; Stahlbetonstützen mit Bekleidungen werden selten ausgeführt.

Im Gegensatz zu Stahlbetonstützen sind Stahlstützen immer auf eine Bekleidung angewiesen, wenn sie in Feuerwiderstandsklassen nach DIN 4102 Teil 2 eingestuft werden sollen; lediglich unter ganz extremen Randbedingungen ist eine Einstufung in F 30 (keine Löschwasserbeanspruchung erforderlich) möglich, vgl. DIN 4102 Teil 4 (3/81) Abschnitt C.2.

Die Einstufung von bekleideten Stahlstützen mit und ohne Löschwasserbeanspruchung wird in [1] ausführlich erläutert. Der Einfluß verschiedener Parameter auf die Feuerwiderstandsdauer wird in [2] beschrieben. Die dort behandelte Abhängigkeit von der Fließgrenze des Stahles ist jedoch umstritten, weshalb die Beschlüsse des NABau (II.34.2) in diesem Punkt nicht mehr angewendet werden.

## 2 Prüfvorschriften in anderen Ländern

### 2.1 Prüfvorschriften im EG-Bereich

Im EG-Bereich gibt es nur in der Bundesrepublik Deutschland die Löschwasserbeanspruchung; sie gilt - wie in Abschnitt 1.4 beschrieben - nur für bekleidete Stützen  $\geq F 90$  und hat nur bei Stahlstützen eine Bedeutung.

### 2.2 Prüfvorschriften in Österreich

Die in Österreich bestehenden Prüf- und Beurteilungsvorschriften lehnten (und lehnen) sich immer stark an die in der Bundesrepublik Deutschland vorhandenen DIN-Bedingungen an. Es gab und gibt aber immer Unterschiede - in Österreich meist schärfere Randbedingungen. Nach der ÖNORM B 3800 Teil 2 (10/83) müssen grundsätzlich bekleidete Stützen und Träger der Löschwasserbeanspruchung standhalten. Grundsätzlich heißt: Alle Klassifizierungen  $\geq F 30$ ! Da Stahlbetonbauteile normalerweise ohne Bekleidungen in alle Feuerwiderstandsklassen eingestuft werden können, gilt die Löschwasserbeanspruchung praktisch für alle Stahlbauteile, die nur aufgrund einer für Erwärmung und Löschwasserbeanspruchung dimensionierten Bekleidung in Feuerwiderstandsklassen eingestuft werden können.

Nach ÖNORM B 3800 Teil 3 (10/83) müssen auch G-Verglasungen bei allen Feuerwiderstandsklassen der Löschwasserbeanspruchung widerstehen.

### 2.3 Prüfvorschriften in den Vereinigten Staaten von Amerika (USA)

In den Vereinigten Staaten von Amerika (USA) wird die Löschwasserbeanspruchung bei bekleideten Stützen (oder Trägern) nicht durchgeführt; "Sonderanforderungen" gibt es hier nicht. Die geforderte Feuerwiderstandsklasse kann im Gegensatz zur Bundesrepublik Deutschland jedoch auch 2, 3 oder sogar 4 Stunden betragen, vgl. Abschnitt 3. Nach den Prüfvorschriften (ASTM E 119, NFPA 251, U.L. 263) gibt es aber auch noch die Möglichkeit, eine Klassifizierung von 8 Stunden (Feuerwiderstandsdauer  $\geq 8$  Stunden) auszusprechen - bei U.L. z.B. die Klasse A-8.

Es sei hier angemerkt, daß zur Erzielung aller Klassen nur eine Prüfung erforderlich ist.

Im Gegensatz zu den vorstehend behandelten Vorschriften wird die Löschwasserbeanspruchung aber bei allen tragenden und nichttragenden Wänden/Trennwänden in den USA durchgeführt. Die Wände müssen die Anforderungen bei Feuer- und Löschwasserbeanspruchung erfüllen.

Die Löschwasserbeanspruchung ist an einem zweiten Probekörper durchzuführen, der vor dem Löschwasserversuch so lange der Feuerbeanspruchung ausgesetzt wird, wie die Hälfte des Klassifizierungszeitraums - jedoch nicht mehr als eine Stunde - beträgt. Der Antragsteller kann den Löschwasserversuch in Absprache mit der Prüfanstalt auch am Ende der Brandprüfung durchführen lassen, so daß kein zweiter Probekörper erforderlich ist. Bei Feuerwiderstandsklassen < 1 Stunde wird der Löschwasserversuch überhaupt nicht verlangt.

Nach Abschnitt 8 der Prüfvorschrift soll die Löschwasserbeanspruchung, deren Randbedingungen weiter definiert sind, den stoßenden, erodierenden und abkühlenden Einfluß bei einem Feuerwehrangegriff simulieren.

### **3 Bauaufsichtliche Anforderungen**

Für fünf Länder im EG-Bereich gibt es entsprechend [3] einen Vergleich der bauaufsichtlichen Bauteilanforderungen für Wohngebäude. Stützen müssen danach in Abhängigkeit von der Geschoßzahl die in Bild 1 wiedergegebenen Feuerwiderstandszeiten aufweisen. Die Geschoßzahl von 3, 6 und 10 wurde deshalb ausgewählt, weil hier Vergleiche möglich sind und keine Definitionsschwierigkeiten (Vollgeschoß, Anleiterbarkeit, Sicherheitstreppenräume usw.) vorlagen.

Die Angaben für 3geschossige Gebäude gelten in der Bundesrepublik Deutschland für Gebäude geringer Höhe im Sinne der heute gültigen Bauvorschriften. Die Zeiten für 6geschossige Gebäude gelten für "Sonstige Gebäude" außer Hochhäusern. Die Angaben für 10geschossige Gebäude gelten für Hochhäuser, wobei gesagt werden muß, daß z.B. im Lande Nordrhein-Westfalen für Hochhäuser mit einem Aufenthaltsraum mit OKF > 60 m grundsätzlich F 120 gefordert wird.

Die in Bild 1 angegebenen Mindestzeiten - allein in Deutschland anhand von zwei Prüfungen (sonst nur eine Prüfung) ermittelt - mit den aufgeführten Unterschieden (Belgien und Niederlande) sind in Bild 2 für Wände aus Mauerwerk weiter erläutert, wobei Minstdicken angegeben sind, mit denen die geforderten Zeiten erreicht werden können. Die Unterschiede im Mauerwerksbau sind besonders gravierend.

Required Time of Fire Resistance (min) for Structural Elements in Residential Buildings			
	3-storey	6-storey	10-storey
Belgium	no requirements	60	120 walls for second partitioning :60 floors usually:90
France	30	60	90
Germany	30	90	90
Great Britain	60	60	90
Netherlands	90	120	120
	thermal insulation and integrity of walls :60 floors not being part of main load bearing str. :60		

Characteristics of Masonry Walls in Residential Buildings						
	3-storey		6-storey		10-storey	
	Requirement (min)	Thickness (mm)	Requirement (min)	Thickness (mm)	Requirement (min)	Thickness (mm)
B	-	-	60	90 unloaded 120 with plaster, limited load	120	120 with plaster, unloaded 140 loaded
F	30	no specifications	60	no specifications	90	no specifications
D	30	115	90	115 limited load 115 with plaster, full load	90	115 limited load 115 with plaster, full load
GB	60	215	60	215	90	215
NL	60/ 90	no specifications	60 / 120	no specifications	60 / 120	no specifications

**Bild 1**  
Anforderungen im EG-Bereich  
in fünf Ländern nach [3]

**Bild 2**  
Anforderungen bezüglich  
Bild 1 bei Wänden aus  
Mauerwerk

Wenn man bedenkt, daß die Feuerwiderstandsdauer von Stützen bzw. Wänden von vielen Parametern beeinflusst wird [4] - z.B. von Materialkennwerten, statischen Randbedingungen und der Geometrie, wobei allein in der Geometrie viele Abhängigkeiten gegeben sind (u.a. Querschnittsfläche, Querschnittsform, Schlankheit) -, ergeben sich zusätzlich zum statistischen Einfluß (1 Prüfung, 2 Prüfungen) große Unterschiede bei den Prüfungen, die bei Verbundstützen (ohne den Einfluß der Löschwasserbeanspruchung) - wie in Vergleichsversuchen festgestellt - bis zu über 90 Minuten betragen [4].

Um den Einfluß der kurz angerissenen zahlreichen Parameter (ohne Löschwasserbeanspruchung) noch besser zu dokumentieren, wurde in den Bildern 3 und 4 für un-

bekleidete Stahlbetonstützen einige Randbedingungen angegeben, die in den Bildern 1 und 2 bei den angegebenen EG-Ländern sehr differieren [3].

Characteristics of Reinforced Concrete Columns				
Fire Resistance 90 min				
	b/d (mm)	a (mm)	c (mm)	Remarks
B	200/200 200/300		35 25	max height 3.80m
F	240/240	no requirements		applicable if reinforcement not taken into account
D	240/240 300/300	45 35		
GB	250/250	no requirements		
NL	no specifications			
CEB-FIP	240/240 300/300	45 35		

Bild 3  
Mindestwerte (Zusatzbedingungen) für F 90-Stahlbetonstützen in fünf EG-Ländern nach [3]

Service Column Loads				
	partial safety fact. for permanent loads $\gamma_G$	partial safety fact. for variable loads $\gamma_Q$	service load G+Q in case of G/Q	
			0,5/0,5 [kN]	0,7/0,3 [kN]
F	1,35	1,50	835	853
D	2,10 <sup>*)</sup>	2,10 <sup>*)</sup>	935	935
GB	1,40	1,60	787	809
CEB-FIP	1,35	1,50	752	768

\*) global safety coefficient

Bild 4  
Stützenlasten "mittig" belasteter Stahlbetonstützen bei bestimmter Ausführung nach [3]

Anmerkung zu Bild 3:  
Die Harmonisierung der Unterschiede in Bild 3 ist in Bearbeitung, siehe Eurocode 2 Part X

Wenn man berücksichtigt, daß die bauaufsichtlichen Forderungen gemäß Bild 1 bereits unterschiedlich sind, dann zeigen die Bilder 3 und 4, daß die jetzt (1990) gültigen Prüfbestimmungen, auf denen die bauaufsichtlichen Anforderungen aufgebaut sind, weitere Unterschiede ergeben. Dabei ist die Löschwasserbeanspruchung noch gar nicht berücksichtigt. Der Vollständigkeit halber sei noch einmal gesagt, daß bei bekleideten Stützen hinsichtlich der Tragfähigkeit für F 90 folgende Voraussetzungen gelten:

- Bundesrepublik Deutschland: bei  $\geq 2$  Prüfungen  $\geq 90$  min mit Brand- und Löschwasserbeanspruchung
- übrige EG-Länder: bei 1 Prüfung  $\geq 90$  min nur Brandbeanspruchung

In den Vereinigten Staaten von Amerika - ebenso in Kanada - werden hinsichtlich der Tragfähigkeit (ohne Löschwasserbeanspruchung) im allgemeinen Forderungen von 1 - 4 Stunden erhoben.

## 4 Brandschutz-Bekleidungen

### 4.1 Bekleidungsarten

Wie bereits aus den vorstehenden Abschnitten hervorgeht, werden Stahlbetonstützen selten aus Brandschutzgründen bekleidet. Im Gegensatz dazu sind Stahlstützen in der Regel bekleidet, wenn eine bestimmte Feuerwiderstandsklasse gefordert wird. Im folgenden werden nur Brandschutz-Bekleidungen von Stahlstützen behandelt.

Zunächst ist zwischen "klassischen" Bekleidungsarten und "modernem" Brandschutz zu unterscheiden. Unter modernem Brandschutz soll hier die Verbundbauweise verstanden werden [5]. Sie vereinigt die überragende Tragfähigkeit des Stahlbaus und den hohen Brandwiderstand des Betonbaus. Der Umfang dieser Bauweise nimmt ständig zu und umfaßt bei Stützen heute bereits etwa 50 %, während die übrigen 50 % "klassisch" bekleidete Stützen darstellen. Im folgenden werden nur die klassischen Bekleidungsarten behandelt.

Betrachtet man DIN 4102 Teil 4, so erhält man hinsichtlich von Stahlstützenbekleidungen einen falschen Eindruck, weil hier nur Putz-, Beton- und Mauerwerksbekleidungen aufgelistet sind. Bei diesen Bekleidungen handelt es sich um Stützenummantelungen aus genormten Baustoffen. Im Stahlbau werden aber in überwiegendem Maße Bekleidungen aus nicht genormten Baustoffen verwendet. Wenn man von den dämmschichtbildenden Anstrichen absieht, die nur im Bereich von F 30 Zulassungen aufweisen, dann können die in Tabelle 1 zusammengestellten fünf Bekleidungsarten unterschieden werden, wobei zu den Bekleidungen grundsätzlich zu sagen ist, daß sie den Verformungen der Stützen (bei Trägern auch der Träger) so folgen müssen, daß sie nicht abfallen, sondern wirksam bleiben; darüber hinaus dürfen sie nicht so stark reißen oder Klüfte bilden, was zu einer vorzeitigen Erwärmung der Stützen (des Bauteils) führt.

### 4.2 Bekleidungsdicken

Die Bekleidungsdicke ist je nach Baustoffart (Festigkeit, Zusammensetzung usw.) unterschiedlich und wird - abgesehen von der Befestigungsart - von der Wärmeleitfähigkeit und dem Widerstand gegen die Löschwasserbeanspruchung bestimmt. Bei Beton- und Mauerwerksbekleidungen ergibt sich die erforderliche Mindestdicke dagegen aus Herstellungsgründen bzw. aus den verwendeten Platten- oder Steindicken.

Um einen Vergleich zu ermöglichen, werden im folgenden Stützenummantelungen für die Feuerwiderstandsklasse F 90 behandelt, wobei ein IPB 180 zugrunde gelegt wird. In Abhängigkeit vom Profilmfaktor  $U/A$  [ $m^{-1}$ ] steigt bzw. sinkt die Ummantelungsdicke, wobei sich die Minimaldicke aus der Widerstandsfähigkeit gegen die Löschwasserbeanspruchung ergibt. Die Mindestummantelungsdicke (F 90, IPB 180) der fünf genannten Bekleidungsarten ist ebenfalls in Tabelle 1 angegeben.

#### 4.3 Häufigkeit, Kosten

Es gibt keine Statistik, aus der man ersehen oder ableiten kann, wie häufig die klassischen Bekleidungsarten verwendet werden. Um sich dennoch ein Bild über die Verwendung machen zu können, wurden die Meinungen von zehn namhaften Sachverständigen bzw. Fachleuten aus der Brandschutz-Bekleidungsindustrie eingeholt. Die Stellungnahmen der angeschriebenen Persönlichkeiten geben zwar nur eine begrenzte Aussage wieder, sie zeigen entsprechend den Angaben von Tabelle 1 aber immerhin die momentane Tendenz.

Die wiedergegebene prozentuale Verteilung beruht auf den jetzt gegebenen Randbedingungen (Feuer- und Löschwasser-Widerstand). Bei einem Fortfall der Löschwasserbeanspruchung wird für die Klassifizierung nur noch der Wärmedurchgang durch die Bekleidung maßgebend, weshalb sich die auf dem Prüfverfahren von DIN 4102 Teil 2 basierenden Minstdicken verändern werden. Da die größte Veränderung im Bereich der Kalzium-Silikat-Platten (Ca-Si) und Gipskarton-Bauplatten F (GKF) nach DIN 18 180 vermutet wird, siehe auch Abschnitt 6, werden nachfolgend die Listenpreise für  $1 m^2$  Plattenmaterial für diese beiden Plattenarten angegeben, wobei ein Preis pro laufendem Meter Ummantelung sicherlich sinnvoller wäre; er kann jedoch nicht ermittelt werden, weil die Lohnkosten für die Ummantelung von Objekt zu Objekt sehr unterschiedlich sind. Da die Ummantelungsdicke von 15 mm eine besondere Bedeutung hat, siehe Abschnitte 6.3 und 6.4, wird der  $m^2$ -Preis (9/90) für diese Plattendicke angegeben. Bei den Ca-Si-Platten handelt es sich dabei um PROMATECT-H-Platten, bei den GKF-Platten um Perlgipsplatten.

Ca-Si-Platten:	41,05 DM/ $m^2$
GKF-Platten:	8,10 DM/ $m^2$

Bei den Gipsfaserplatten liegen ähnliche Verhältnisse wie bei den GKF-Platten vor; im folgenden wird stellvertretend für die GKF- und Gipsfaserplatten aus Gründen der Abkürzung immer nur von GKF-Platten gesprochen.

Tabelle 1 Bekleidungsarten und -dicken für Stahlstützen

Zeile	Bekleidungs-Art/Material (Gruppe)	Verwendungshäufigkeit			erforderliche Minstdicke <sup>1)</sup> mm
		min %	Mittel %	max %	
1	Beton, Mauerwerk	0	3	10	50 - 80 <sup>2)</sup>
2	GKF-Platten, Gipsfaser- platten	2	7	20	3 x 15 = 45
3	Ca-Si-Platten <sup>3)</sup>	20	46	80	25
4	Spritzputze	5	14	30	30 - 45
5	Platten aus Vermiculite, Perlite, Mineralfaser oder Sonstigem	5	17	40	25 - 60

1) für F 90 bei einem IPB 180 bei vierseitiger Ummantelung

2) bei ausbetonierten oder ausgemauerten Flächen zwischen den Flanschen 40 - 60

3) z.B. PROMATECT-H oder -L

## 5 Hintergründe für die Löschwasserbeanspruchung

Die Hintergründe, die für eine Löschwasserbeanspruchung sprechen, sind in keiner Norm oder Veröffentlichung beschrieben. Aus deutscher Sicht gibt es zwei Gründe:

Der Hauptgrund (Gewichtung  $\geq 80$  %), für alle "hohen" Gebäude die F 90-Klassifizierung (mit Löschwasserbeanspruchung) für bekleidete Stützen - d.h. praktisch für ummantelte Stahlstützen - zu fordern, ist die häufig vorkommende Möglichkeit, daß sich die Feuerwehr bei einem vorgetragenen Löschangriff zurückziehen muß und daß bei einer nicht löschwasserbeständigen Bekleidung ein - ggf. gefährdender - Einsturz stattfindet. Die realistische Löschwasserbeanspruchung dürfte in der Regel sehr viel früher als nach 90 min Normbrandbeanspruchung auftreten. Schon insofern ist die Versuchspraxis als sehr ungünstig - wenn auch kaum anders machbar - anzusehen.

Der Nebengrund (Gewichtung  $\leq 20$  %) ist die Möglichkeit, daß durch Brandeinwirkung zermürbte Bekleidungsschichten durch herab- oder umfallende Teile abgestoßen werden können, was zu einer Minderung der Feuerwiderstandsdauer führt.

Dieser Nebengrund klingt in den nordamerikanischen Vorschriften an, in denen u.a. von stoßenden Einflüssen die Rede ist, vgl. Abschnitt 2.3.



Die EG-Länder sehen die genannten Gründe für die Notwendigkeit einer Löschwasserbeanspruchung offenbar nicht und fordern - in Bild 1 mit Ausnahme von den Niederlanden - zum Teil sogar nur eine Feuerwiderstandsdauer von 60 Minuten.

In den Vereinigten Staaten (USA) und Kanada werden dagegen Feuerwiderstandszeiten bis zu 4 Stunden gefordert, vgl. Abschnitte 2.3 und 3. Dazu muß gesagt werden, daß eine zeitliche Verlängerung der Feuerwiderstandsdauer bei einigen Bekleidungsmaterialien, die durch die Löschwasserbeanspruchung weggestoßen oder weggespült werden (z.B. gipshaltige Bekleidungen), kein Ausgleich für die Forderung bzw. Beanspruchung "Widerstand gegen Erwärmung + Löschwasser" ist.

## 6 Mögliche Veränderungen der Bekleidungs-dicken beim Fortfall der Löschwasserbeanspruchung bei bekleideten Stahlstützen

### 6.1 Allgemeines

Nach den jetzt noch gültigen Vorschriften von DIN 4102 Teil 2 (Widerstand gegen Erwärmung + Löschwasser bei  $\geq F 90$ ) besitzen Stahlstützen aufgrund der Löschwasserbeanspruchung eine größere Bekleidungs-dicke als vergleichbare Träger mit gleichem U/A-Wert, siehe z.B. DIN 4102 Teil 4 und [1]. Bei einem Fortfall der Löschwasserbeanspruchung werden die jetzt üblichen Bekleidungs-dicken reduziert. Wie groß die Reduzierung sein wird, hängt u.a. von der Befestigungsart der Bekleidungen und vom Prüfverfahren für die Stützen ab.

Da die Befestigungsart im allgemeinen firmengebunden ist und sehr variieren kann, können keine allgemeingültigen Aussagen gemacht werden. Die Reduzierung kann lediglich abgeschätzt werden.

Beim jetzt noch gültigen Prüfverfahren werden Stahlstützen unter einer geringfügig exzentrisch eingeleiteten Normalkraft geprüft. Die Ausmitte beträgt 1/500, was bei üblichen Stützenlängen von 3,7 m eine Ausmitte von 7 mm bedeutet [2]. Die Ausmitte ist damit sehr gering - bewirkt aber

- eine größere Reproduzierbarkeit der Prüfergebnisse,
- keine unbekanntenen Ausmitten infolge ungenauen Einbaus der Stützen in den Prüfrahmen und
- eine vor Prüfbeginn festgelegte Knickrichtung.

Die geringe planmäßige Ausmitte von 1/500 kann durch ungenauen Einbau, durch eine ungewollte Ausmitte vergrößert oder verkleinert werden. In [2] konnte nachgewiesen werden, daß diese mögliche Veränderung von geringem Einfluß ist, so daß die drei angeführten Auswirkungen echte Vorteile sind, die auch so von der zukünftigen, im Abstimmungsverfahren befindlichen Prüfvorschrift [6] gesehen werden. Dazu ist jedoch weiter anzumerken:

Im Part 2, Chapter 4 - Columns, Abschnitt 2.4.4 von [6] wird gesagt, daß für normalkraftbelastete Stützen - also nicht für Stützen mit  $N + M$  - im Normalfall eine zentrische Stützenbelastung zu wählen ist. Die im Sonderforschungsbereich "Brandverhalten von Bauteilen" (SFB 148) in Braunschweig gewonnenen Erfahrungen, die für Stahlstützen aufbereitet und in [2] veröffentlicht sind, wurden nicht genügend beachtet; im Abschnitt 3.1.10.3 wird im "Kommentar" lediglich gesagt, daß es die empfohlene Praxis ist, Stahlstützen mit einer geringen Ausmitte zu prüfen.

Eher beiläufig kommt zum Ausdruck, daß Stützen, die für eine Normalkraft mit Biegung zu beurteilen sind, auch für den Belastungsfall  $N + M$  zu untersuchen sind, was in Zukunft stärker beachtet werden sollte.

Aus bauaufsichtlicher Sicht ist man in der Vergangenheit davon ausgegangen, daß die zentrische Prüfung den Fall  $N + M$  abdeckt. Im übrigen dürfte eine dickere Brandschutzbekleidung infolge der Forderung nach einer Widerstandsfähigkeit gegen Löschwasserbeanspruchung hier vorhandene Restrisiken abgedeckt haben.

Da im Stahlbau bei Stützen in der Regel keine großen Momente übertragen werden - Rahmenstützen usw. natürlich ausgenommen -, werden die neuen Prüfvorschriften bei "Beibehaltung der alten Praxis" dazu führen, daß Stützenbekleidungen (ohne Löschwasserbeanspruchung) für eine bestimmte Feuerwiderstandsdauer bei zentrischer Belastung (mit Inkaufnahme der bekannten Unterschiede [2]) ermittelt und generell bei Stützen - auch bei denen mit  $N + M$  - verwendet werden.

Da eine Biegung zukünftig eine untergeordnete Rolle spielen wird, wird nach einem Wegfall der Löschwasserbeanspruchung die auf Biegung beanspruchte Trägerprüfung die schärfere sein; mit anderen Worten:

- a) Jetzt sind Stützenbekleidungen wegen der dominierenden Rolle der Löschwasserbeanspruchung bei gleichen Voraussetzungen (gleiches Profil, gleiche Feuerwiderstandsdauer, gleiche Spannung) dicker als Trägerbekleidungen.

- b) Zukünftig werden Trägerbekleidungen wegen des Biege-Verformungseinflusses am dicksten sein.
- c) Zukünftig werden Stützenbekleidungen wegen des fehlenden Biegeeinflusses dünner als vergleichbare Trägerummantelungen sein.

Um hier trotz des unwägbaren Einflusses der Befestigungsart einen Überblick zu erhalten, werden im folgenden die in Tabelle 1 aufgezählten Bekleidungsarten behandelt, wobei unter Zuhilfenahme der Trägerbekleidungsstärken die zukünftigen Stützenbekleidungsstärken abgeschätzt werden.

## 6.2 Zukünftige Stärken bei Beton- und Mauerwerksbekleidungen

Da sich die Stärken von Beton- und Mauerwerksbekleidungen von Stahlstützen aufgrund von Herstellungseinflüssen und vorhandenen (genormten) Steinmächtigkeiten ergeben, werden sich in Zukunft hier keine Veränderungen ergeben. Die in DIN 4102 Teil 4 Ausgabe A1 abgedruckte Tabelle über die erforderlichen Mindestbekleidungsstärken ist mit der Tabelle der Ausgabe 3/81 identisch und gilt sowohl für Stützen mit Löschwasserbeanspruchung als auch für Stützen ohne Löschwasserbeanspruchung. Die Häufigkeit dieser Bekleidungsart ist und wird auch in Zukunft sehr gering sein, vgl. Abschnitt 4.3

## 6.3 Zukünftige Stärken bei GKF-Plattenbekleidungen

Gipskartonplatten F-Bekleidungen (GKF-Platten nach DIN 18 180) müssen heute bei Stützen dreilagig (3 x 15 mm) und bei Trägern zweilagig (2 x 15 mm) ausgeführt werden. Die Befestigungsart ist in DIN 4102 Teil 4 (3/81) Abschnitte 6.2 und 6.3 beschrieben. Ein Vergleich der Bekleidungsstärken geht aus [1] hervor, wobei der Einfluß der Löschwasserbeanspruchung auf die Bekleidungsstärke deutlich wird. Eine Abhängigkeit von U/A ist in DIN 4102 Teil 4 nicht angegeben und auch nicht sinnvoll, weil die Bekleidungen - insbesondere bei Trägern - infolge der Gipsentwässerung abfallen und die Stahlprofile nicht kontinuierlich erwärmt werden. Wie aus Bild 5 und Tabelle 2 ersichtlich ist, werden in England und Frankreich trotz dieser Erkenntnisse [1] U/A-Abhängigkeiten angegeben. Wie die Verhältnisse in den anderen EG-Ländern sind, wurde nicht untersucht.

Die Mindestbekleidungsstärken von GKF-Plattenbekleidungen bei Stützen in England, Frankreich und den USA (ohne Löschwasserbeanspruchung) sind im Vergleich zu den nach DIN 4102 Teil 4 (3/81) geforderten Bekleidungsstärken bei Stützen (mit Löschwasserbeanspruchung) und Trägern in Bild 5 dargestellt. Die Mindeststärken, bei denen eine U/A-Begrenzung vorgeschrieben ist, sind durch Fähnchen gekennzeichnet, vgl. Bild 5 und Tabelle 2.

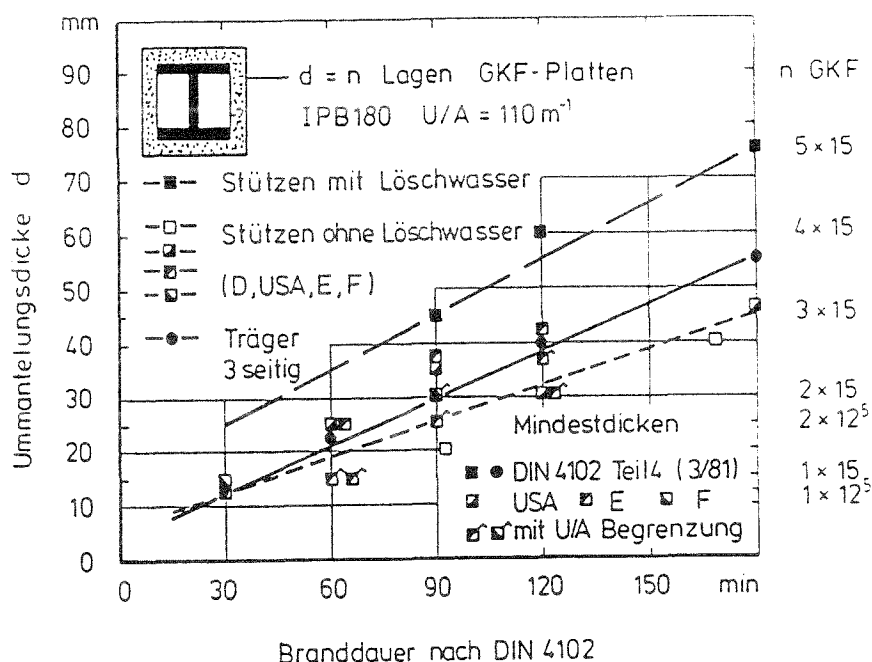


Bild 5

Feuerwiderstandsdauer von GKF-bekleideten Stahlstützen mit und ohne Löschwasserbeanspruchung im Vergleich zu GKF-bekleideten Trägern

Tabelle 2

Mindestbekleidungsdicken (GKF)<sup>1)</sup> in mm von vierseitig bekleideten Stahlstützen (ohne Löschwasserbeanspruchung) in England und Frankreich mit der Angabe von U/A-Begrenzungen<sup>2)</sup> (die Befestigungsart ist genau vorgeschrieben)

Zeile	Land	Feuerwiderstandsdauer (in min) (1 Prüfung)							
		≥ 30	U/A ≤	≥ 60	U/A ≤	≥ 90	U/A ≤	120	U/A ≤
1	England	12 <sup>5</sup>	- <sup>2)</sup>	12 <sup>5</sup>	165	2 x 12 <sup>5</sup>	200	2 x 15	110
2				15	195	15 + 12 <sup>5</sup>	- <sup>2)</sup>	3 x 12 <sup>5</sup>	190
3				2x12 <sup>5</sup>	- <sup>2)</sup>			15 + 2 x 12 <sup>5</sup>	225
4								12 <sup>5</sup> + 2 x 15	- <sup>2)</sup>
5	Frankreich	15	- <sup>2)</sup>	2x13 <sup>3)</sup>	- <sup>2)</sup>	2 x 15	100		

1) Deutsche Bezeichnung für die in England bzw. Frankreich hergestellten Platten - dort mit anderen Namen

2) "-" bedeutet: keine U/A-Begrenzung

3) 13 mm, in Frankreich: vergleichbar mit 12,5 GKF + Spachtelüberzug

Die in Bild 5 eingetragenen Punkte erwecken den Eindruck, daß hier eine große Streuung vorliegt. Das ist aber praktisch nicht der Fall; die Unterschiede beruhen auf den verschiedenen Befestigungsmöglichkeiten.

Eine durch alle Stützenbekleidungsstärken gelegte Regressionsgerade (gestrichelte Gerade) zeigt, daß die Mindeststärken von Stützenbekleidungen (ohne Löschwasserbeanspruchung) geringfügig niedriger liegen als die für Träger nach DIN 4102 Teil 4 (3/81) vorgeschriebenen Mindeststärken.

Die horizontal gemessenen Abstände zwischen der obersten Geraden (Stützen mit Löschwasserbeanspruchung nach jetziger Norm) und der untersten - d.h. der Regressionsgeraden (Stützen ohne Löschwasserbeanspruchung nach zukünftiger Norm) - ergeben die Bekleidungsstärkenreduzierung. Ausgedrückt in Feuerwiderstandsdauern sind dies nach Bild 5:

- horizontal gemessen im Bereich  $\geq 30$  min: 60 min und
- horizontal gemessen im Bereich  $\geq 90$  min:  $\geq 90$  min

Beispiel:	jetzt	3 x 15 mm	→	90 min
	künftig	3 x 15 mm	→	180 min
		→ Differenz		90 min

Die vorstehenden Zahlenbeispiele zeigen, welche (unterschiedliche) Verlängerung der Feuerwiderstandsdauer (ohne Löschwasserbeanspruchung) zum gleichen Niveau (mit Löschwasserbeanspruchung) führt. Bei der hier vorliegenden Bekleidungsart, also um 60 min im unteren Bereich bzw.  $\geq 90$  min im oberen Bereich, d.h. bei "hohen" Gebäuden mit  $\geq F 90$ .

Die U/A-Begrenzungen in England und Frankreich sind aus Tabelle 2 ersichtlich.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß bei einem Fortfall der Löschwasserbeanspruchung anstelle von 3 x 15 mm Bekleidungsstärke zukünftig nur 2 x 15 mm oder sogar nur 2 x 12,5 mm notwendig sind; in Sonderfällen wird man möglicherweise mit 20 mm (15 mm oder 18 mm, jeweils mit Spachtelüberzug) auskommen, vgl. offenes Karo in Bild 5.

Für Gipsfaserplatten, die im Gegensatz zu Gipskartonplatten nicht genormt sind, gelten entsprechende Ausführungen.

#### 6.4 Zukünftige Dicken bei Ca-Si-Platten

Kalzium-Silikat-Platten (Ca-Si-Platten) gibt es firmengebunden in verschiedenen Arten. Im folgenden werden nur PROMATECT-H- (bzw. -L-) -Platten der Firma PROMAT GmbH, Ratingen, betrachtet [7].

Für einen Vergleich der Bekleidungsicken

- jetzt                    bei Stützen (mit Löschwasser) und
- jetzt                    bei Trägern (ohne Löschwasser, mit Biegeverformung) bzw.
- ≈ zukünftig            bei Stützen ähnlich wie bei "Trägern jetzt"

dienen die in Tabelle 3 zusammengestellten Mindestwerte für F 90 entsprechend [7]. In den Zeilen 2 und 4 der Tabelle sind die höchstzulässigen U/A-Werte für die Feuerwiderstandsklasse F 120 angegeben, die zu einem späteren Zeitpunkt noch benötigt werden. Aus den Zahlenwerten von Tabelle 3 kann folgendes abgelesen werden:

1. Für vierseitige kastenförmige Ummantelungen werden jetzt (mit Löschwasserbeanspruchung) bei Verwendung von PROMATECT-H-Platten 25 mm dicke Bekleidungen bei Stützen verwendet, bei Verwendung von PROMATECT-L-Platten 20 mm dicke Bekleidungen.
2. Beim Fortfall der Löschwasserbeanspruchung reduzieren sich diese Werte auf die Größenordnung von 15 mm (PROMATECT-H), vgl. Zeile 1, Spalten 7 u. 8 mit Spalten 14 und 15. Die Beispiele gelten hier nur für die betrachteten Profile, sie sind aber typisch.
3. Die höchstzulässigen U/A-Werte sind bei Bekleidungsicken  $\leq 12$  mm bei Trägerbekleidungen - vgl. Zeile 1 und 3/Spalten 9 und 10 (F 90) - bereits sehr (extrem) klein; d.h. nur ganz massive Träger können mit so dünnen Bekleidungsicken F 90 erreichen.
4. Trägt man die vorstehend behandelten Grenzwerte - 12 und 20 mm - in ein doppeltlogarithmisches Diagramm ein [Feuerwiderstandsdauer =  $f(U/A)$ ], dann ergeben sich die in Bild 6 dargestellten Geraden. Die obere Gerade mit 70 mm Dicke stellt die obere Dicken-Produktionsgrenze dar.

Tabelle 3

Vergleich der Bekleidungsstärken für F 90 [( )-Werte gelten für F 120, siehe Zeilen 2 und 4] bei Verwendung von Ca-Si-Platten entsprechend [7] für Stahlstützen (mit Löschwasserbeanspruchung, 4seitig) und Träger (ohne Löschwasserbeanspruchung, 3seitig; ~ ähnlich zukünftiger Stützenbekleidungen ohne Löschwasserbeanspruchung)

Für die Befestigungsart gelten die Randbedingungen von [7]

Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Zeile	Plattenart: PROMATECT-	Stützenbekleidungen 4seitig mit Löschwasserbeanspruchung						Trägerbekleidungen 3seitig ohne Löschwasserbeanspruchung								
		Bekleidungsstärke in mm					Profil		Bekleidungsstärke in mm					Profil		
		10	12	15	20	25	IPB 180	IPE 600	10	12	15	20	25	IPB 180	IPE 600	
		erf. U/A [m <sup>-1</sup> ] ≤					erf. d [mm] ≥		erf. U/A [m <sup>-1</sup> ] ≤					erf. d [mm] ≥		
1	H	-1)	-1)	66	88	118	25	25	61	77	105	160	225	15 <sup>4)</sup>	15	
2		-1)	-1)	-1)	(56)	(74)	3)	3)	-1)	-1)	(66)	(99)	(139)	(18) <sup>3)</sup>	3)	
3	L	-1)2)	-1)2)	-1)2)	118	125	20	20	-1)	57	94	159	250	20	20	
4		-1)2)	-1)2)	-1)2)	(78)	(100)	3)	3)	-1)	-1)	(55)	(95)	(145)	(25) <sup>3)</sup>	3)	

1) "-" bedeutet: nicht ausführbar

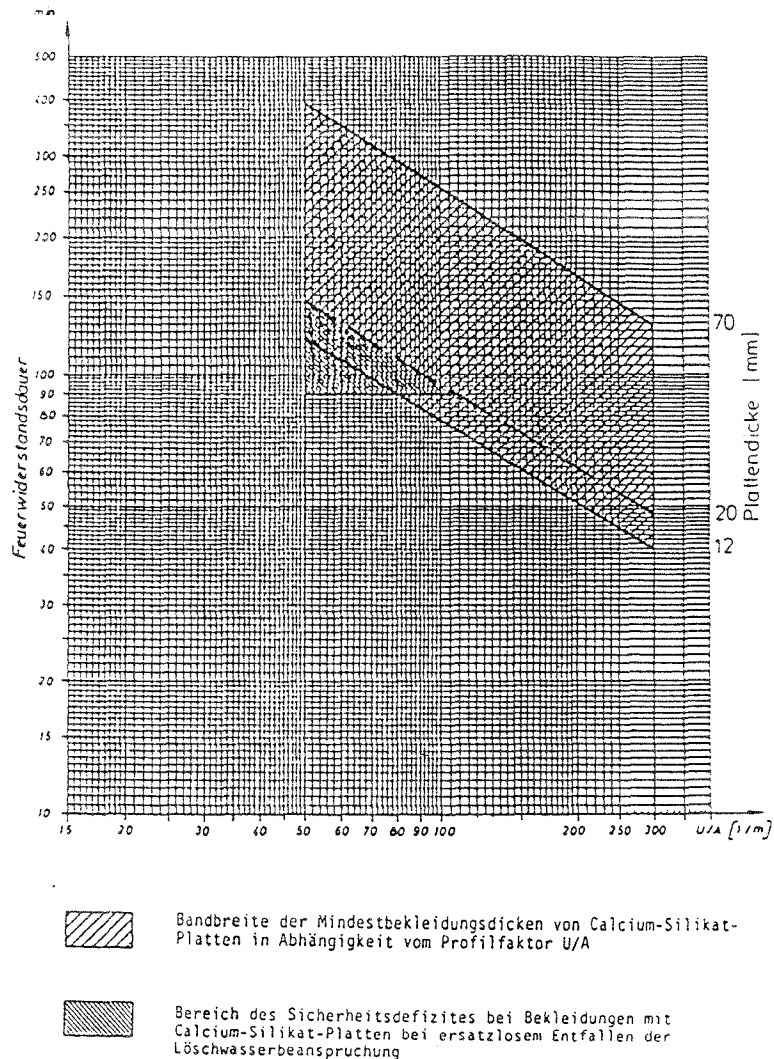
2) PROMATECT-L-Platten werden: bei Stützen erst ab 20 mm Dicke verwendet, bei Trägern bereits ab 8 mm Dicke verwendet, übliche Maße jedoch erst bei Dicken  $\geq 20$  mm, vgl. Pkt. 6.

3) Die Mindeststärken für die Klassifizierungen F 120 können [7] nicht entnommen werden. Sie sind lediglich in Prüfzeugnissen enthalten und werden hier nicht genauer verfolgt; eine überschlägliche Extrapolation führt in Spalte 14 zu Werten von ~ 18 mm (H) und 25 mm (L).

5. Aus diesem Bild (6) ergibt sich ein ganz kleiner Bereich des "Sicherheitsdefizites" bei Stützen ohne Löschwasserbeanspruchung. Dabei ist der Vollständigkeit halber noch einmal zu erwähnen, daß bei F 30 und F 60 heute ohnehin kein Widerstand gegen Löschwasserbeanspruchung gefordert wird.

6. Aus Tabelle 3 ist auch der Einfluß der Rohdichte auf die Widerstandsfähigkeit gegen Löschwasserbeanspruchung in der Tendenz abzulesen. Untersucht wurden in Tabelle 3 "harte" PROMATECT-H-Platten ( $\rho \approx 920$  kg/m<sup>3</sup> bei 6 % Feuchte und 10 mm Plattendicke) sowie "leichte" PROMATECT-L-Platten ( $\rho \approx 475$  kg/m<sup>3</sup> bei 5 % Feuchte und 20 mm Plattendicke).

Um der Löschwasserbeanspruchung widerstehen zu können, sind bei "hoher" Rohdichte minimal 15 mm Plattendicke (Tab. 3, Zeile/Spalte: 1/4) und bei "geringer" Rohdichte minimal 20 mm Plattendicke (Tab. 3, Zeile/Spalte: 3/5) erforderlich. PROMATECT-L-Platten werden üblicherweise daher auch erst ab d = 20 mm Dicke gefertigt, wenngleich gemäß Tabelle 3 und [7] bei Trägern schon bei U/A  $\leq 57$  m<sup>-1</sup> L-Platten mit d = 12 mm Dicke eingesetzt werden könnten. PROMATECT-H-Platten



**Bild 6**  
 Graphische Darstellung des Sicherheitsdefizitbereichs von Calcium-Silikat-Platten bei ersatzlosem Wegfall der Löschwasserbeanspruchung

kommen bei Trägern mit F 90 dagegen schon mit einer Dicke von 10 mm zur Anwendung, wenn der Profilfaktor  $U/A \leq 61 \text{ m}^{-1}$  ist (Tab. 3, Zeile/Spalte: 1/9); dazu ist zu bemerken, daß für F 30 die minimale Dicke  $d = 6 \text{ mm}$  beträgt, wenn  $U/A \leq 165 \text{ m}^{-1}$  ist.

### 6.5 Zukünftige Dicken bei Spritzputzen

Spritzputze ohne Putzträger (Streckmetall, Rippenstreckmetall o.,ä.) werden mit Hilfe eines Haftmittels unmittelbar auf die Stahlprofile unter Verwendung von



Tabelle 4

Vergleich der Bekleidungs-dicken für F 90 [( )-Werte gelten für F 120, siehe Zeilen 2 und 4] bei Verwendung von Spritzputzen

für Stahlstützen (mit Löschwasserbeanspruchung, 4seitig)  
und Träger (ohne Löschwasserbeanspruchung, 3seitig); ~ ähnlich zukünftiger  
Stützenbekleidungen ohne Löschwasserbeanspruchung)

Vermiculite Spritzputz "Pyrok Germany" (Zul. Z-19.16-39) (V)  
Mineralfaser Spritzputz "Branschutz-Putzbekleidung GP" (Zul. Z-19.16-63) (MF)

Putz: profilfolgend, Ausführung jeweils gemäß Zul.-Bescheid

Spalte	1	2	3	4
Zeile	Putz-art	Rohdichte (trocken)  kg/m <sup>3</sup>	Stützenbekleidungen 4seitig mit Löschwasserbeanspruchung Mindestbekleidungs-dicke d in mm für U/A (120 - 179) m <sup>-1</sup> z.B. IPB 180 mit U/A = 159 m <sup>-1</sup>	Trägerbekleidungen 3seitig ohne Löschwasserbeanspruchung Mindestbekleidungs-dicke d in mm für U/A (120 - 179) m <sup>-1</sup> z.B. I 280 mit U/A = 139 m <sup>-1</sup>
1 2	v <sup>2)</sup>	750 ± 80	30 (40)	25 (35)
3 4	MF	325 ± 65	40 (50) <sup>1)</sup>	30 (40)

1) Im Zul.-Bescheid Z-19.16-63 sind für F 120 keine Angaben gemacht; der Wert wurde entsprechend [8] - hier nur zum Vergleich - extrapoliert.

2) Gemäß Zul.-Bescheid bei Stahlstützen nur bis U/A = 160 m<sup>-1</sup> verwendbar.

Spritzmaschinen in der erforderlichen Dicke aufgetragen. Die Putze sind wegen der Haftfragen (Haftmittel, Korrosionsschutzanstrich auf dem Stahl, mögliche Verseifung des Bindemittels mit dem Rostschutzanstrich, Alterung usw.) im Gegensatz zum übrigen EG-Bereich in der Bundesrepublik Deutschland zulassungspflichtig [1]. Um einen Überblick zu erhalten, werden von den z.Z. beim Institut für Bautechnik zugelassenen Putzbekleidungen zwei im Hinblick auf die hier vorliegenden Fragen untersucht: Ein "schwerer" Putz, ein Vermiculite-Putz, und ein "leichter" Putz, ein Mineralfaserputz. Die Putze wurden dabei so ausgesucht, daß Vergleiche bei Stützen und Trägern weitgehend möglich sind. Dies ist gar nicht

so einfach, weil die leichteren Mineralfaser-Spritzputze wegen der Löschwasserbeanspruchung z.Z. gar nicht zugelassen sind und es z.Z. praktisch nur zwei Mineralfaser-Spritzputze gibt, die sowohl auf Stützen als auch auf Trägern verwendet werden dürfen.

Der Vergleich der Bekleidungsicken geht aus Tabelle 4 hervor. Hieraus kann folgendes abgelesen werden:

1. Für vierseitig profilfolgende Ummantelungen werden jetzt (mit Löschwasserbeanspruchung) bei Verwendung des Vermiculiteputzes (V) 30 mm dicke Putzschichten verwendet, beim Mineralfaserputz (MF) 40 mm.
2. Beim Fortfall der Löschwasserbeanspruchung reduzieren sich diese Werte auf die Größenordnung von 25 mm (V) und 30 mm (MF). Die angegebenen Werte (siehe Zeilen 1 und 3) gelten hier nur für die angegebenen U/A-Bereiche bzw. Profile, sie sind aber typisch.
3. Bei den Werten für F 120 liegen ähnliche Verhältnisse vor.

#### **6.6 Zukünftige Dicken bei sonstigen Bekleidungsmaterialien**

Als sonstige Bekleidungsmaterialien werden hier gemäß der Zusammenstellung von Tabelle 1 verstanden:

- Platten aus Vermiculite, Perlite o.ä.
- Mineralfaserplatten,
- Kombinationen bzw. Platten aus Gemischen aus Vermiculite/Perlite und Mineralfasern o.ä.

Bekleidungen aus den vorstehend genannten Baustoffen werden je nach Art kastenförmig oder profilfolgend an den Stahlbauteilen angebracht; sie sind im Gegensatz zu Spritzputzen wie bei den anderen behandelten Bekleidungsarten nicht zulassungspflichtig. Ihr Feuerwiderstand wird für Stützen und Träger über Prüfzeugnisse - ebenfalls wie bei den anderen Bekleidungsarten (Ca-Si-Platten) - nachgewiesen.

Im folgenden sollen stellvertretend für die Gruppe dieser Bekleidungsart eine

- Vermiculite-Platte (V-P1) "Vermitecta" der Fa. Strahtmann & Joaichim, Düsseldorf, und eine
- Mineralfaserplatte (MF-P1) "Conlit" der Fa. Rockwool Business Development, Bottrop - ein Unternehmen der Rockwool International -

untersucht bzw. verglichen werden. Beide Bekleidungsarten werden bei Stützen 4seitig (bei Trägern 3seitig) kastenförmig angebracht. Für Details gelten die einschlägigen Prüfzeugnisse. Der Vergleich geht aus Tabelle 5 hervor.

Tabelle 5

Vergleich der Bekleidungsicken für F 90 [( )-Werte gelten für F 120, siehe Zeilen 2 und 4] bei Verwendung von Feuerschutzplatten

für Stahlstützen (mit Löschwasserbeanspruchung - 4seitig)  
und Träger (ohne Löschwasserbeanspruchung - 3seitig); ~ ähnlich zukünftiger Stützenbekleidungen ohne Löschwasserbeanspruchung)

Platten und Ausführung gemäß gültiger Prüfzeugnisse

Spalte	1	2	3	4
Zeile	Plattenart	Rohdichte (trocken)  kg/m <sup>3</sup>	Stützenbekleidungen 4seitig mit Löschwasserbeanspruchung Mindestbekleidungsdicke d in mm für U/A 100 - 120 m <sup>-1</sup> z.B. IPB 180 mit U/A = 110 m <sup>-1</sup>	Trägerbekleidungen 3seitig ohne Löschwasserbeanspruchung Mindestbekleidungsdicke d in mm für U/A 100 - 120 m <sup>-1</sup> z.B. I 280 mit U/A = 111 m <sup>-1</sup>
1 2	V-P1	400 - 425	25 <sup>1)</sup> (30)	20 <sup>2)</sup> (30)
3 4	MF-P1	300	40 (40)	20 <sup>2)</sup> (40)

1) Die kleinste übliche Plattendicke beträgt bei Stützen mit F 90 min d = 15 mm (U/A ≤ 71 m<sup>-1</sup>)

2) Die kleinste übliche Plattendicke beträgt bei Trägern mit F 30 min d = 10 mm

Aus Tabelle 5 kann folgendes abgelesen werden:

1. Da die Rohdichten der "schweren" und "leichten" Platten trotz der unterschiedlichen Ausgangsmaterialien nicht sehr weit auseinander liegen, sind auch die Mindestbekleidungs-dicken nicht sehr unterschiedlich.
2. Für 4seitig kastenförmige Ummantelungen werden jetzt (mit Löschwasserbeanspruchung) bei Verwendung von Vermiculite-Platten (V-P1) 25 mm dicke Platten verwendet, bei Mineralfaserplatten (MF-P1) 40 mm.
3. Beim Fortfall der Löschwasserbeanspruchung reduzieren sich diese Werte auf die Größenordnung von 20 mm (V-P1) und ebenfalls 20 mm (MF-P1). Die angegebenen Werte (s. Zeilen 1 und 3) gelten hier nur für die angegebenen U/A-Bereiche bzw. Profile, sie sind aber typisch.
4. Bei den Werten für F 120 liegen ähnliche Verhältnisse vor.

#### 6.7 Zusammenfassung der möglichen Reduzierungen

Faßt man die in den Abschnitten 6.2 bis 6.6 gemachten Aussagen und die in den Tabellen 2 bis 5 beschriebenen möglichen Reduzierungen zusammen, dann ergeben sich gegenüber den nach DIN 4102 Teil 2 (mit Löschwasserbeanspruchung) jetzt vorgeschriebenen Mindestdicken (100 %) die in Tabelle 6 Spalte 4 angegebenen Bekleidungs-dicken. Die prozentuale Reduzierung ist in Spalte 5 angegeben. Daraus wird ersichtlich, daß die Bekleidungs-dicken voraussichtlich bis zu 50 % reduziert werden.

Es muß noch einmal betont werden, daß es sich wegen der vorliegenden, schwierig zu beurteilenden Randbedingungen nur um Anhaltswerte handelt und daß der Vergleich - streng genommen - nur für die Bekleidungs-dicke bei einem IPB 180 mit kastenförmiger ( $U/A = 110 \text{ m}^{-1}$ ) bzw. profilfolgender ( $U/A = 159 \text{ m}^{-1}$ ) Ummantelung gilt.

Tabelle 6

Zusammenfassung der möglichen Reduzierungen

Stützen IPB 180: 4seitig kastenförmig ummantelt  $U/A = 110 \text{ m}^{-1}$   
 bei Putzen gem. Zeile 7 - 8: 4seitig profilfolgend ummantelt  $U/A = 159 \text{ m}^{-1}$

Die in den Spalten 4 und 6 angegebenen Werte sind wegen der geschilderten Randbedingungen nur Näherungswerte.

Spalte	1	2	3	4	5	6	7
Zeile	Bekleidungs- Art	gemäß Abschn. bzw. Tabelle	erf. d (F 90) DIN 4102 Teil 2 (9/77) mit Löschwasserbeanspruchung mm (100 %)	mögliche Bekleidungsdicke d für 90 min    120 min gemäß CEN/TC 127 xyz ohne    ohne			
				mm	% von Sp. 3	mm	% von Sp. 3
1	Beton, Mauerwerk	6.2	50 - 80	es sind keine Verände- rungen zu erwarten		60 - 100	120
2							125
3	GKF	6.3 2	3 x 15 = 45	2 x 15 <sup>1)</sup>	67	12 <sup>5</sup> + 2x15 <sup>3)</sup>	94
4				2 x 12 <sup>5</sup> 2)	56	2 x 15 3)	67
5	Ca-Si (H)	3	25	15	60	18	72
6	Ca-Si (L)	3	20	20	100	25	125
7	V	4	30	25	83	35	117
8	MF	4	40	30	75	40	100
9	V-P1	5	25	20	80	30	120
10	MF-P1	5	40	20	50	40	100

- 1) Gemäß den französischen Angaben (Tab. 2) mit  $U/A \leq 100 \text{ m}^{-1}$  begrenzt; das ist annähernd aber noch ein IPB 180 mit  $U/A = 110 \text{ m}^{-1}$ .
- 2) Gemäß den englischen Angaben (Tabl. 2) mit  $U/A = 200 \text{ m}^{-1}$  begrenzt; ein IPB hat aber nur einen Wert von  $U/A = 110 \text{ m}^{-1}$ ; der Wert von  $2 \times 12^5$  wurde dennoch in Zeile 4 aufgeführt, um die unterste Dickengrenze zu verdeutlichen, vgl. auch mit Bild 5 mit dem kleinsten deutschen Wert von  $d = 20 \text{ mm} \rightarrow 92 \text{ min}$  Feuerwiderstandsdauer
- 3) englische Quelle, vgl. Tabelle 2; im Fall von Zeile 4  $U/A$ -Brennung auf  $\leq 110 \text{ m}^{-1}$ , was dem ausgewählten Beispiel mit IPB 180 entspricht.

Zur Tabelle 6 (Spalte 4 - 5) können weiter folgende Beurteilungen abgegeben werden:

1. Bei Bekleidungen aus Beton oder Mauerwerk (mittlere Verwendungshäufigkeit nach Tabelle 1 z.Z. 3 %) wird es wegen der baustoffbedingten Randbedingungen (Herstellung, Steindicken) keine Veränderungen geben.

2. Bei Ca-Si-Platten Typ L wird es ebenfalls keine Veränderungen geben, da sich für Stützen ohne Löschwasserbeanspruchung ( $\approx$  ähnlich 3seitig ummantelte Träger) keine Dickenreduzierung ablesen läßt. Da bei den anderen firmengebundenen Bekleidungsarten große Reduzierungen - bis zu 50 % - zu erwarten sind, wird dieser Plattentyp als Stützenummantelung in seiner Bedeutung stark zurückgehen oder sogar vom Markt verschwinden.
3. Bei Gipskartonplatten F (GKF) - ebenso natürlich bei Gipsfaserplatten - wird die Reduzierung auf 56 % bis 67 % - also in der Größenordnung bis zu rd. 40 % - liegen. Hier sind im wesentlichen folgende Aspekte von großer Bedeutung:
  - a) Nach Tabelle 1 beträgt die mittlere Verwendungshäufigkeit z.Z. 7 %. Diese Zahl wird sich (möglicherweise stark) verändern. Da der  $m^2$ -Preis relativ niedrig ist - vgl. Abschnitt 4.3 -, wird die Verwendung von GKF- bzw. Gipsfaserplatten-Bekleidungen beim Fortfall der Löschwasserbeanspruchung (möglicherweise stark) zunehmen.
  - b) Nach Tabelle 1 beträgt die mittlere Verwendungshäufigkeit von Ca-Si-Platten (alle Fabrikate) z.Z. 46 %. Bei den vorstehend bei GKF- bzw. Gipsfaserplatten-Bekleidungen geschilderten Randbedingungen wird die Bedeutung von "harten" Ca-Si-Platten (z.B. PROMATECT-H) wegen des relativ hohen  $m^2$ -Preises hinsichtlich der Verwendung von Stützenummantelungen (möglicherweise spürbar) zurückgehen.
  - c) Die voraussichtlichen Verschiebungen zugunsten von GKF- bzw. Gf-Platten sind besonders bedeutsam, weil die Widerstandsfähigkeit gegen Löschwasserbeanspruchung bei GKF- bzw. Gf-Platten am geringsten ist. Diese Aussage ist absolut zu sehen,
    - nicht nur beim jetzt angewandten Prüfverfahren nach 90 min Brandbeanspruchung,
    - sondern auch für Beanspruchungszeiten in der Praxis bei  $< 90$  min.
  - d) Die Zeit  $t_{500}$  bei GKF- (oder auch GKB- bzw. Gf-) -Platten ist die Zeit, bei der die Temperatur auf der Rückseite der Platten 500 °C beträgt, wenn die Vorderseite mit der ETK beansprucht wird. Die Zeit  $t_{500}$  ist in Bild 7 dargestellt [9]. Dazu ist zu bemerken, daß die Entwässerung von Gips bereits bei 45 °C einsetzt und bei 100 °C weitgehend abgeschlossen ist. Ent-

sprechend ist die Zermürbung zu sehen. Bei  $t_{500}$  fallen GKF- bzw. Gf-Platten - je nach Befestigungsart, Spannweite usw. - ab [1], [9]. Der Zeitraum zwischen  $t_{100}$  und  $t_{500}$  beträgt nur wenige Minuten [1]. Die  $t_{500}$ -Kurve ist daher ein gutes Maß für die Beurteilung der Widerstandsfähigkeit von GKF- bzw. Gf-Bekleidungen gegen die Löschwasserbeanspruchung.

- e) Die Kurve in Bild 7 zeigt, daß eine Bekleidung von 2 x 15 mm schon nach rd. 65 min "zermürbt" ist. Das entspricht auch den vorliegenden Erfahrungen mit der Löschwasserbeanspruchung nach DIN 4102 Teil 2, wonach bei 3 x 15 mm dicker Bekleidung nach 90 min ETK-Beanspruchung 2 x 15 mm weggespült werden und 1 x 15 mm stehen bleiben. Die Kurve in Bild 7 zeigt aber auch, daß 15 mm schon nach rd. 26 min zermürbt sind.

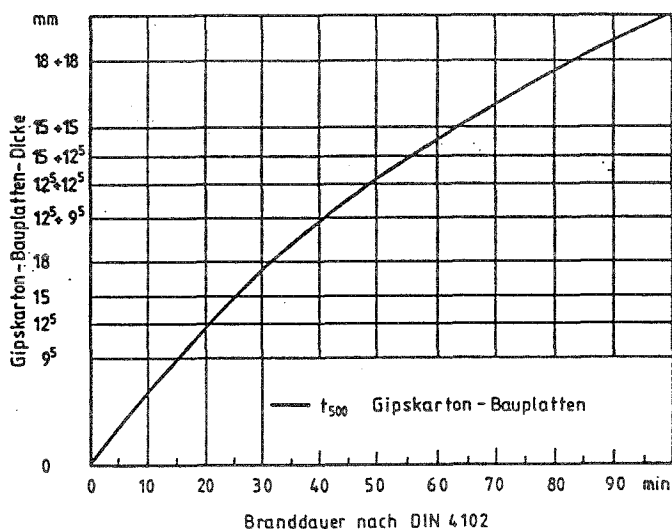


Bild 7

"Zermürbungszeit" (Widerstandszeit gegen Löschwasserbeanspruchung)  $t_{500}$  von Gipskarton-Bauplatten nach [9]; die Kurve gilt annähernd auch für Gipsfaserplatten

## 7 Verlängerung der Feuerwiderstandsdauer als Ersatz für den möglichen Fortfall der Löschwasserbeanspruchung

### 7.1 Bekleidete Stahlstützen

Wenn man sich am "schwächsten" Bekleidungsbaustoff - nämlich an den GKF- bzw. Gf-Platten orientiert, dann müßte die Feuerwiderstandsdauer entsprechend den Angaben von Abschnitt 6.2 um 90 min (Bild 5) verlängert werden - also auf 180 min -, wenn man dasselbe Bekleidungs- bzw. Sicherheitsniveau beibehalten will.

Um eine Zwischenstufe beurteilen zu können, wurden in Tabelle 6 in Spalte 6 die der Spalte 4 entsprechenden möglichen Bekleidungsstärken - jedoch für 120 min Feuerwiderstandsdauer - eingetragen. Bezogen auf das jetzt vorgeschriebene Niveau (Spalte 3 = 100 %) ergeben sich die in Spalte 7 angegebenen prozentualen Veränderungen, die wie folgt kommentiert werden können:

1. Bei Bekleidungen aus Beton bzw. Mauerwerk würden sich prozentuale Vergrößerungen der Bekleidungsstärken von 20 % bis 25 % ergeben.
2. Bei Bekleidungen aus Vermiculite-Spritzputzen (V, Zeile 7) oder Vermiculite-Platten (V-Pl, Zeile 9) würden sich prozentuale Vergrößerungen der Bekleidungsstärken von 17 % bis 20 % ergeben.
3. Bei Bekleidungen aus Mineralfaser-Spritzputzen (MF, Zeile 8) oder Mineralfaserplatten (MF-Pl, Zeile 10) würden sich keine Veränderungen ergeben; die geschätzte Stützenbekleidungsstärke (ohne Löschwasserbeanspruchung) wäre der jetzt geforderten Stärke (mit Löschwasserbeanspruchung) identisch.
4. Bei den jetzt marktbeherrschenden Ca-Si-Platten (mittlere Verwendungshäufigkeit gemäß Tabelle 1 z.Z. 46 %) würden sich prozentuale Vergrößerungen der Bekleidungsstärken von 25 % (L) bzw. prozentuale Reduzierungen auf 72 % (H) ergeben.
5. Bei den GKF- bzw. Gf-Platten bliebe es generell (ohne U/A-Begrenzung) bei einer 3lagigen - jedoch etwas reduzierten Bekleidungsstärke ( $12^5 + 2 \times 15$  statt  $3 \times 15$ ) -, was einer Reduzierung um 6 % auf 94 % entspricht.



6. Bei den GKF- bzw. Gf-Platten und bei Beachtung einer U/A-Begrenzung von  $U/A \leq 110 \text{ m}^{-1}$  würde sich eine prozentuale Reduzierung auf 67 % ergeben. Der Wert von  $110 \text{ m}^{-1}$  gilt z.B. für das IPB 180-Profil mit kastenförmiger Bekleidung. Da Stützen - auf Knicken in x- und y-Richtung berechnet - vielfach Profilmomente  $U/A < 110 \text{ m}^{-1}$  besitzen [10], wird die Mehrzahl aller Stahlstützen jedoch auch bei 120 min Feuerwiderstandsdauer in der Regel nur eine zweilagige Bekleidung mit  $2 \times 15 \text{ mm}$  besitzen. Die in Punkt 5 genannten Werte haben daher nur akademische Bedeutung.

## 7.2 Stahlbetonstützen

Bei einem möglichen Fortfall der Löschwasserbeanspruchung sind - wie mehrfach betont - nur bekleidete Stahlstützen von Veränderungen betroffen. Wenn man jedoch daran denken würde, alle Stützen bei einem möglichen Fortfall der Löschwasserbeanspruchung einer Feuerwiderstandsdauer  $\geq 120 \text{ min}$  zuzuordnen, dann müssen die Veränderungen auch bei Stahlbetonstützen betrachtet werden. Hierzu gibt nach den Angaben von DIN 4102 Teil 4 die folgende Tabelle 7 Auskunft.

Tabelle 7

Mindestquerschnittsabmessungen von Stahlbetonstützen F 90 und F 120 nach DIN 4102 Teil 4 (3/81) Abschnitt 3.14

Spalte	1	2	3	4
Zeile	Konstruktionsmerkmale (Kurzform für mehrseitige Beanspruchung)	Feuerwiderstandsklasse- Benennung F 90-A = 100 %    F 120-A   Sp.3 in % von Sp.2		
1	d in mm	240	300	125
2	u in mm	45	55	122
	oder alternativ:			
3	d in mm	300	400	133
4	u in mm	35	45	128

Wie aus Spalte 4 ersichtlich ist, würde die Heraufsetzung der Forderung von F 90 auf F 120 eine Vergrößerung der Querschnitte auf 125 % bis 133 % bedeuten, was einer entsprechenden Verteuerung der Bauart im Stützenbereich gleichkäme. Bei den Vergrößerungen der Achsabstände auf 45 bis 55 mm würde der Rahmen der DIN 1045 völlig verlassen - jede Stahlbetonstütze müßte nicht nach den bewährten Konstruktionsgrundsätzen, sondern nach Brandschutzgesichtspunkten bemessen werden.

## 8 Wertung aller Aussagen

Ein Fortfall der jetzt nach DIN 4102 Teil 2 geforderten Löschwasserbeanspruchung bei bekleideten Stützen hat nur bei Stahlstützen Auswirkungen. Ein Fortfall der Löschwasserbeanspruchung führt bei firmengebundenen Bekleidungen im allgemeinen zu einer Reduzierung der jetzt noch geforderten Mindestbekleidungs-dicken.

Eine Verringerung der Bekleidungs-dicken - gemäß Tabelle 6 zum Teil bis auf 50 % der jetzt noch geforderten Dicke - erhöht aus der Sicht der Feuerwehr das Risiko: Die Feuerwehr wird bei einem Rückzug durch schwächere Stahlstützenbekleidungen stärker als bisher gefährdet; eine Brandübertragung in andere Gebäudeabschnitte kann durch frühzeitige Einstürze infolge geringerer Bekleidungs-dicke möglich werden.

Die jetzt auf dem Markt befindlichen Bekleidungs-materialien haben je nach Art eine bestimmte Rohdichte. Die Mehrzahl aller Bekleidungsbaustoffe hat eine Rohdichte  $\rho > 400 \text{ kg/m}^3$ ; nur bei Mineralfaser-Spritzputzen und -Platten liegen kleinere Rohdichten vor - MF:  $(325 \pm 65) \text{ kg/m}^3$  (Tab. 4); MF-Pl:  $300 \text{ kg/m}^3$  (Tab. 5). Da für den Gebrauchszustand Schäden vermieden werden müssen und sich Bekleidungs-materialien mit kleineren Rohdichten - auch ohne Löschwasserbeanspruchung - in der Praxis nicht bewährt haben, kann davon ausgegangen werden, daß sehr leichte Bekleidungs-materialien am Markt keine Chance haben; es wird vermutet, daß es auch in Zukunft bei den genannten Rohdichten bleibt und daß keine Bekleidungsbaustoffe entwickelt werden, die z.B. eine Rohdichte von  $\ll 300 \text{ kg/m}^3$  haben.

Im übrigen verbleibt noch die Möglichkeit, derartige Bekleidungen mit einem Blechmantel zu versehen, der gegen mechanische - auch löschwasserbeanspruchende - Kräfte Widerstand leistet; Aluminium eignet sich hier nicht, da Aluminium zwischen  $600 \text{ }^\circ\text{C}$  und  $650 \text{ }^\circ\text{C}$  schmilzt.

Die Mehrzahl aller Brände weist eine geringere Intensität auf, als sie durch die ETK-Beanspruchung über 90 min gegeben ist [11]. Es liegt daher der Schluß nahe, daß die Zermürbung in der Praxis nicht so groß wie bei der Prüfung nach DIN 4102 Teil 2 ist.

Dabei ist es schwer verständlich, daß

- bei einem Gebäude mit vielen Personen mit 3 Geschossen mit Oberkante Fußboden des obersten genutzten Raumes (Geschosses)  $OKF \leq 7$  m (Forderung im allgemeinen: F 30) kein Widerstand gegen Löschwasser gefordert wird und
- bei einem gleichgenutzten Gebäude (ebenfalls mit viel Personen) bei  $OKF > 7$  m (Forderung im allgemeinen: F 90) der Widerstand gegen Löschwasserbeanspruchung dagegen durch das Prüfverfahren nach DIN 4102 Teil 2 zwingend vorgeschrieben wird.

Die vorhandenen und die zukünftigen Bekleidungsmaterialien besitzen auch bei reduzierter Bekleidungsstärke eine bestimmte Widerstandsfähigkeit gegen Löschwasserbeanspruchung.

Am ungünstigsten verhalten sich gipsgebundene Baustoffe wie GKF- oder Gipsfaserplatten. Sie besitzen gemäß Tabelle 1 eine mittlere Verwendungshäufigkeit von z.Z. 7 %. Bei einem Fortfall der Löschwasserbeanspruchung wird sich der Anteil der Bekleidungen mit derartigen Platten vergrößern, wodurch das Risiko ebenfalls vergrößert wird.

Eine Verlängerung der Feuerwiderstandsdauer als Ersatz für den möglichen Fortfall der Löschwasserbeanspruchung

- ist keine Lösung, da sie falsch ist und nicht alle Aspekte erfaßt,
- müßte im Fall der GKF- und Gipsfaserplatten 90 min betragen, was einer Feuerwiderstandszeit von 180 min bedeutet.

Auch eine Verlängerung der Feuerwiderstandsdauer von nur 30 min als Ersatz für die Löschwasserbeanspruchung erscheint nicht sinnvoll, vgl. Abschnitt 7.1.

Es gibt im Brandgeschehen ganz andere Risiken [12] bis [14], die viel schwerwiegender zu sehen sind als der mögliche Fortfall der Löschwasserbeanspruchung.

## 9 Schlußfolgerungen und Empfehlungen

Die vorstehend beschriebenen Auswertungen von Normen, Prüfungen, Literaturstellen und Befragungen führen zu folgenden Erkenntnissen und Empfehlungen:

- Das Schutzziel, die Standsicherheit eines Tragwerks mit bekleideten Stützen im Brandfall auch dann zu gewährleisten, wenn die Bekleidung einer vorherigen mechanischen Beanspruchung, z.B. durch einen Löschwasserstrahl, ausgesetzt war, ist in der jetzigen Form der Löschwasserbeanspruchung nicht nachvollziehbar, weil diese erst nach 90 Minuten Branddauer erfolgt und auf bekleidete Stahlstützen mit Feuerwiderstandsklassen  $\geq F 90$  beschränkt wird.
- Aufgrund bestehender Festigkeitsanforderungen an Brandschutzbekleidungen zum Schutz gegen mechanische Beanspruchung im Gebrauchszustand kommen überwiegend Bekleidungsarten zur Anwendung, die nach statistischen Auswertungen auch hinreichend unempfindlich gegen eine Löschwasserbeanspruchung sind.
- Erfahrungen bei Bränden im Ausland, das besondere Festigkeitsanforderungen an Bekleidungen nicht kennt, lassen ein erhöhtes Risiko im Bereich von bekleideten Stahlstützen nicht erkennen. Unter Risikogesichtspunkten kann daher auf die Löschwasserbeanspruchung bei bekleideten Stahlstützen ohne weiteres verzichtet werden.
- Eine gravierende Reduktion des derzeit vorhandenen Schutzniveaus infolge Verringerung der Bekleidungsstärken ist kaum zu befürchten wenn in den künftigen harmonisierten europäischen Prüfbestimmungen für Bekleidungen von Stahlbauteilen (außer dämmschichtbildende Beschichtungen) grundsätzlich die Prüfung auf biegebeanspruchten Trägern festgelegt wird; in diesem Fall wird die Bekleidung durch größere Verformungen indirekt auch hinsichtlich ihrer mechanischen Festigkeit beansprucht. In den Arbeitsgruppen der ECCS und EGOLF werden entsprechende Verfahren vorbereitet, die von deutscher Seite nachdrücklich unterstützt werden sollten.

## Literatur

- [1] Meyer-Ottens, C.: Brandverhalten von Bauteilen, DIN 4102 Teil 2 und Ergänzende Bestimmungen mit Erläuterungen und Beispielen aus DIN 4102 Teil 4. Brandschutz im Bauwesen (BRABA), Heft 22, Teil I. E. Schmidt-Verlag, Berlin, 1981.
- [2] Hoffend, F.; Kordina, K.; Meyer-Ottens, C.: Neue Prüfvorschriften für Stahlstützen bei Brandprüfungen nach DIN 4102 Teil 2. DIN-Mitteilungen (63) 1984 Nr. 3.
- [3] Kordina, K.: Concrete and Masonry Structures, veröffentlicht in: Mourareau, R.; Thomas, M.: Fires in Buildings, Proceedings of an European Symposium held in Luxembourg, 18 - 21 September 1984. Elsevier Applied Science Publishers, London - New York 1985 (EUR 9891, Luxembourg, 1985).
- [4] Haß, R.: Zur praxisgerechten brandschutztechnischen Beurteilung von Stützen aus Stahl und Beton. Dissertation, Technische Universität Braunschweig, 1986.
- [5] Haß, R.; Meyer-Ottens, C.; Quast, U.: Verbundbau Brandschutz Handbuch. W. Ernst & Sohn, Berlin 1989.
- [6] ISO 834, Part 1, 2 und 3; Fire tests on building materials, components and structures/Fire resistance. ISO TC 92 SC2 N95, N96, N97 (NABau 02.83 11-90) [CEN/TC 127 N85 (NABau 02.76.02 56-89)]
- [7] Feuerschutzkatalog 1/90, Fa. PROMAT GmbH, Scheifenkamp 16, D 4030 Ratingen 1.
- [8] Meyer-Ottens, C.; Steinert, J.: Über das Haft- und Brandverhalten von Putzen auf Stahl-Profilen, -Blechdecken und Betonbauteilen. Betonwerk + Fertigteil-Technik 1981, Heft 5 u. 6 (S. 273 - 282 und 354 - 359).
- [9] Kordina, K.; Meyer-Ottens, C.: Holz Brandschutz Handbuch. Deutsche Gesellschaft für Holzforschung, München 1983.
- [10] Stahlbaukalender

- [11] Kordina, K.; Meyer-Ottens, C.: Beton Brandschutz Handbuch. Beton Verlag GmbH, Düsseldorf 1981.
- [12] Kordina, K.; Meyer-Ottens, C.; Noack, I.: Einfluß der Eigenbrandlast auf das Brandverhalten von Bauteilen aus brennbaren Baustoffen. Schriftenreihe des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität Braunschweig, Heft 86, Braunschweig 1989.
- [13] Kordina, K.; Meyer-Ottens, C.; Noack, I.: Einfluß der Eigenbrandlast in Form von Raumauskleidungen und Ölverbrauch bei Brandprüfungen nach DIN 4102 Teil 2 auf das Brandverhalten von Bauteilen aus brennbaren Baustoffen. Bundesbaublatt 1989, Heft 7 und 11.
- [14] Kordina, K.; Meyer-Ottens, C.; Noack, I.: Einfluß der Eigenbrandlast auf das Brandverhalten von Bauteilen aus brennbaren Baustoffen.  
a) Kurzberichte aus der Bauforschung 31 (1990) H.3  
b) Betonwerk + Fertigteil-Technik 1990, H.3

Harmonisierung von Prüfbestimmungen im  
vorbeugenden baulichen Brandschutz  
auf europäischer Ebene

Anhang 3

FESTIGKEITSPRÜFUNG FÜR BRANDWÄNDE

Dr.-Ing. J. Wesche

November 1990  
(Revision November 1991)

**INHALT**

	Seite
1 Einleitung.....	2
2 Entwicklung der Prüfvorschriften.....	2
3 Übliche Ausführungen von Brandwänden.....	3
4 Bauaufsichtliche Anforderungen und Schutzziel.....	4
5 Vergleich des Prüfverfahrens mit dem Schutzziel.....	5
6 Untersuchung alternativer Prüfkriterien.....	6
7 Schlußfolgerungen und Empfehlungen.....	10



## 1 EINLEITUNG

Brandwände dienen zur Abgrenzung von Brandabschnitten (bzw. Brandbekämpfungsabschnitten gemäß DIN 18 230) und sollen sicherstellen, daß ein Brand unter allen Umständen in dem Brandabschnitt gehalten wird und nicht auf angrenzende Abschnitte übertragen wird. Aus diesem Grund werden neben der Einstufung in eine Feuerwiderstandsklasse  $\geq F 90$  nach DIN 4102 Teil 2 weitere Anforderungen im Hinblick auf die Standsicherheit bei horizontaler Stoßbeanspruchung gestellt.

## 2 ENTWICKLUNG DER PRÜFVORSCHRIFTEN

In früheren Normausgaben von DIN 4102 waren keine besonderen Prüfvorschriften über Brandwände geregelt, da nach den bauaufsichtlichen Vorgaben die Konstruktionsart von Brandwänden definiert war durch bestimmte Wanddicken von Mauerwerks- und Betonwänden.

In DIN 4102 Teil 3, Ausgabe 1977, wurden erstmals Prüfvorschriften für Brandwände veröffentlicht mit dem Ziel, neben den klassischen Mauerwerks- und Betonwänden auch andere Wandkonstruktionen zuzulassen, die sich brandschutztechnisch gleichwertig verhalten.

Im einzelnen wird in dieser Prüfnorm vorgeschrieben, daß Brandwände bei Temperaturbeanspruchung nach der Einheitstemperaturzeitkurve gemäß DIN 4102 Teil 2 unter zentrischer und exzentrischer Last zu prüfen und zusätzlich einer dreimaligen Stoßbeanspruchung durch einen Bleischrotsack zu unterziehen sind. Dabei werden im Falle von tragenden Wänden zwei Stöße bei belasteter Wand und ein Stoß bei unbelasteter Wand gefordert. Aus prüftechnischen Gründen erfolgt die Stoßbeanspruchung von der dem Feuer abgewandten Seite. Weitere Angaben im Hinblick auf Hohlräume, Baustoffklasse und Bekleidungen werden teilweise in DIN 4102 Teil 3, teilweise in den Bauordnungen vorgegeben.

Von dem ursprünglichen Konzept, nur tragende Wände als Brandwände zuzulassen, wurde abgewichen, da in der Praxis sehr häufig auch

nichttragende Ausfachungselemente die Funktion einer Brandwand übernehmen müssen und können.

### 3 ÜBLICHE AUSFÜHRUNGEN VON BRANDWÄNDEN

Die zur Zeit im deutschen bauaufsichtlichen Verfahren akzeptierten Brandwandausführungen basieren auf der Prüfvorschrift DIN 4102 Teil 3 und weisen in Abhängigkeit vom Baustoff und der Konstruktionsart die unterschiedlichsten Konstruktionselemente auf:

- Wände aus Normalbeton nach DIN 1045:  
120 mm dick als nichttragendes Wandelement,  
140 mm bei üblichen Belastungen und  
170 mm dick unter hohen Lasten.
- Mauerwerk:  
Wanddicken in Abhängigkeit von der Rohdichte und der Art des Mauerwerkes zwischen 175 mm und 360 mm.
- Gasbetonwandplatten, liegend oder stehend angeordnet:  
Plattendicken von 175 mm bis 200 mm und  
spezielle Anforderungen an die Ausbildung von Stößen, Fugen und Verankerung.
- Zweischaliges Mauerwerk:  
Zur Zeit laufen Bestrebungen, 2 x 115 mm dicke Wände als Brandwände einzustufen. Bei zweischaligen Wänden geht die Lastanordnung in Verbindung mit der dem Feuer zugekehrten Seite völlig an der Praxis vorbei.
- Elementwände aus Blechteilen:  
Innenliegendes Trapezblech bzw. außenliegende Flachbleche mit zusätzlichen Bekleidungen aus Gipsbauplatten, Kalziumsilikatplatten, Mineralfaserplatten. Die Elementwände können in beliebiger Konstruktion ausgeführt werden und sind vor allem im Stahlskelettbau einsetzbar.

#### 4 BAUAUFSICHTLICHE ANFORDERUNGEN UND SCHUTZZIEL

Grundsätzlich wird in den Landesbauordnungen bei ausgedehnten Bauwerken der üblichen Art und Nutzung eine Unterteilung durch innere Brandwände im Abstand von höchstens 40 m in mehrere Brandabschnitte gefordert. Darüber hinaus sollen Gebäudetrennwände grundsätzlich als Brandwandkonstruktion ausgeführt werden, wenn kein ausreichender Abstand zur Nachbarbebauung vorliegt.

Zu diesen Regeln gibt es eine Vielzahl von ergänzenden Bestimmungen, die die Anforderungen konkretisieren bzw. Abweichungen zulassen. Als Gebäudetrennwände sind z. B. bei Gebäuden geringer Höhe feuerbeständige Wände oder aber die "F 30-B/F 90-B"-Lösung bei Reihenhäusern in Holztafelbauweise zulässig. Mit Hilfe der DIN 18 230 kann für Industriegebäude die zulässige Größe der Brand(bekämpfungs)abschnitte in Abhängigkeit der jeweiligen brandschutztechnischen Randbedingungen bestimmt werden.

In den bauaufsichtlichen Anforderungen sind weitere Ausführungsdetails für Brandwände vorgegeben, z. B.

- zum Eingreifen von Stahlbauteilen,
- zum Abschluß von Öffnungen durch Feuerschutzabschlüsse oder durch Abschottungen,
- zur Ausbildung im Dachbereich und zur
- Höhe der Brandwand über der Dachkonstruktion.

Primäres Schutzziel bei Brandwänden im deutschen bauaufsichtlichen Verfahren ist es, bei einer Brandbeanspruchung nach DIN 4102 Teil 2 - bzw. künftig nach der entsprechenden CEN-Norm - die Brandweiterleitung aus einem vom Brand betroffenen Brandabschnitt in den angrenzenden Brandabschnitt mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit zu verhindern.

Dazu wird über die Feuerwiderstandsdauer von mindestens 90 Minuten hinaus eine zusätzliche Widerstandsfähigkeit der Wände gegen horizontale Stoßbeanspruchung gefordert. Eine solche horizontale Stoßbeanspruchung kann in der Praxis beispielsweise auftreten, wenn

Teile der Inneneinrichtung umstürzen, z. B. Regale, Schränke oder stehende Behälter, an die brandschutztechnisch keine Anforderungen gestellt werden, oder wenn Bauteile der über den Brandwänden verlaufenden Decken bzw. Dachkonstruktionen mit geringerer Feuerwiderstandsdauer als 90 Minuten herabfallen.

Die herabstürzenden Bauteile haben im Geschosßbau eine verhältnismäßig geringe Bedeutung, da im allgemeinen Stahlbetondeckenkonstruktionen mit Feuerwiderstandsdauern von  $\geq 90$  Minuten verwendet werden, die vor dem Klassifizierungszeitraum nicht abstürzen. Dagegen ist es im Industriebau üblich, an die Bauteile des Dachtragwerkes geringere Anforderungen als an die übrige tragende Konstruktion zu stellen, so daß vorzeitige Teileinstürze im Bereich der Dächer mit entsprechenden Stoßbeanspruchungen der Brandwände durchaus denkbar sind.

Zur Quantifizierung der auftretenden Horizontalbeanspruchung ist es notwendig, realistische Szenarien zu definieren. Die Stoßarbeit ließe sich am ehesten für umstürzende Regale mit bekannter Nutzlast errechnen; bei herabstürzenden Bauteilen ist dagegen jeder Lastansatz Spekulation.

## **5 VERGLEICH DES PRÜFVERFAHRENS MIT DEM SCHUTZZIEL**

Bei der Beurteilung des Prüfverfahrens nach DIN 4102 Teil 3 muß man davon ausgehen, daß dieses Verfahren "rückwärts" entwickelt wurde. Die Prüfbedingungen wurden also nachträglich an Konstruktionen kalibriert, die sich in der Praxis bewährt haben.

Im europäischen Konzept sollten dagegen Prüfverfahren direkt aus den (im Grundlagenpapier Brandschutz definierten) brandschutztechnischen Schutzzielen ableitbar sein. Auf Brandwände übertragen bedeutet das:

- Die Stoßbeanspruchung in der Praxis ist von der Brandseite her zu erwarten. Der Stoß durch einen Bleischrotsack, der nach

DIN 4102 Teil 3 auf die dem Feuer abgekehrte Seite aufgebracht wird, paßt daher nicht in das europäische Prüfkonzzept.

- Der zweimalige Stoß auf die belastete und der einmalige Stoß auf die unbelastete Wand lassen sich ebenfalls nicht überzeugend darstellen. Dazu müßten beispielsweise zweimal nacheinander Teile der Inneneinrichtung gegen die Wand fallen und dann beim dritten Stoß Teile der Deckenkonstruktion herabstürzen, wodurch zugleich die Wand entlastet würde.
- Die Stoßbeanspruchung nach dem Klassifizierungszeitraum von 90 Minuten ist ebenfalls unlogisch, da umstürzende ungeschützte Einrichtungen oder herabfallende Bauteile mit geringer Feuerwiderstandsdauer diese Stoßbeanspruchung bereits wesentlich früher ausüben würden.

Das Prüfverfahren nach DIN 4102 Teil 3 deckt demnach das Schutzziel einer ausreichenden Feuerwiderstandsdauer bei gleichzeitiger Widerstandsfähigkeit gegen Horizontalbeanspruchung zwar ab, es läßt sich jedoch im Detail anhand der in der Praxis zu erwartenden Beanspruchungsszenarien nicht überzeugend begründen.

## **6    UNTERSUCHUNG ALTERNATIVER PRÜFKRITERIEN**

Da das Verfahren nach DIN 4102 Teil 3 als CEN-Norm nicht eingebracht werden kann, müssen alternative Verfahren bzw. Bestimmungen erarbeitet werden, um das gesteckte Schutzziel trotzdem zu erreichen. Grundsätzlich bieten sich dazu folgende Lösungen an:

- Definition einer horizontalen Ersatzlast, z. B. einer Streckenlast, die im Gebrauchszustand von der Wandkonstruktion unter Einhaltung der zulässigen Biegezugspannungen aufgenommen werden muß und ggf. einer horizontal wirkenden Punktlast auf einer definierten Fläche, die ohne Durchstanzen der Konstruktion abzutragen ist,

- Erhöhung der erforderlichen Feuerwiderstandsdauer für Brandwände von derzeit mindestens 90 Minuten auf 120 bzw. 180 Minuten,
- Festlegung bestimmter Bauarten von Brandwänden, die Feuerwiderstands- und Festigkeitsanforderungen erfahrungsgemäß erfüllen,
- Definition einer Stoßbeanspruchung im Gebrauchszustand in Anlehnung an international akzeptable Prüfverfahren.

Im folgenden werden die bisherigen Überlegungen zu den genannten alternativen Anforderungen an Brandwände zusammenfassend wiedergegeben:

#### Horizontale Ersatzlast (Streckenlast)

Ein rechnerischer Nachweis der Brandwand für eine (linienförmig verteilte) horizontale Ersatzlast unter Einhaltung der zulässigen Zugspannung nach entsprechenden Bemessungsnormen für den Gebrauchszustand ist wenig erfolgversprechend, weil damit die derzeit üblichen Brandwandkonstruktionen durchweg nicht nachweisbar sind. Bei der Kalibrierung der Ersatzlast für Mauerwerkswände (ein- bzw. zweischalig), Stahlbeton- und Blechwände ergeben sich in Abhängigkeit vom Rechenmodell ganz unterschiedliche Werte.

Mauerwerk,	d = 240 mm (zul $\sigma = 0,2 \text{ N/mm}^2$ )	H = 8,3 kN
Mauerwerk,	d = 240 mm (klaffende Fuge)	H = 1,4 kN
Stahlbeton,	d = 140 mm (DIN 1045)	H = 115,0 kN
Beton,	d = 200 mm (zul $\sigma = 0,5 \text{ N/mm}^2$ )	H = 14,3 kN
Blech, rk,	H = f (Blechprofil, Rechenmodell, Verbundwirkung mit Ständerprofilen usw.).	

#### Horizontale Ersatzlast (Punktlast)

Beim statischen Nachweis werden ähnliche Probleme auftreten wie bei der Streckenlast, wobei die Überlagerung von Biege-Zugspannungen und Scherspannungen zusätzliche Schwierigkeiten mit sich bringt.

### Erhöhung der Feuerwiderstandsdauer

Durch eine höhere Feuerwiderstandsdauer kann nicht automatisch die angestrebte Festigkeit gegen Stoßbelastungen erreicht werden. Leichte Konstruktionen (z. B. Ständerwände mit beliebigen Plattenbekleidungen und MF-Dämmung) können z. B. mit beliebiger Feuerwiderstandszeit ausgeführt werden, ohne daß die Widerstandsfähigkeit gegen Horizontalbeanspruchung entscheidend verbessert wird. Dagegen müßten stoßwiderstandsfähige Konstruktionen, z. B. Stahlbetonwände, möglicherweise dicker werden als bisher üblich, um die höhere Feuerwiderstandsdauer zu erreichen.

### Festlegung von zulässigen Bauarten

In Bauordnungen Mindestwanddicken für bestimmte Bauarten festzuschreiben und dafür das Prüfverfahren nach DIN 4102 Teil 3 entfallen zu lassen, würde die Entwicklung neuer Konstruktionssysteme unmöglich machen und darüber hinaus keine Lösung für Detailfragen im Hinblick auf Verankerungen und Verbindungen bieten. Exakt dies war die Ausgangssituation, als 1977 die Einführung einer speziellen Prüfvorschrift für Brandwände für unumgänglich gehalten wurde. Die Beschränkung auf wenige zugelassene Bauarten wäre also ein Rückschritt um 15 Jahre.

### Impact test im Gebrauchszustand

Sogen. "impact tests" zur Erzielung einer ausreichenden Festigkeit gegenüber betriebsbedingten stoßartigen Beanspruchungen sind in ISO bereits genormt:

**ISO/DIS 7893.2** beschreibt "impact resistance tests" für nicht-tragende Trennwände als Simulation mechanischer Beanspruchungen im Gebrauchszustand und  
**ISO 7892** beschreibt das entsprechende Prüfverfahren.

In Anlehnung an diese Verfahren könnten mit entsprechend größeren Beanspruchungen die mechanischen Stöße auf Brandwände durch umfallende Bauteile simuliert werden.

Es erscheint vorteilhaft, auf diese international akzeptierten Vorschriften zurückzugreifen. In bezug auf das Schutzziel kann ein impact test für Brandwände so kalibriert werden, daß er z. B. eine 115 mm dicke Mauerwerkswand zum Einsturz bringt, während eine 175 mm bzw. 240 mm dicke Mauerwerkswand stehenbleibt. Die dabei ermittelte Stoßarbeit muß dahingehend überprüft werden, ob sie möglicherweise mit Nutzlasten auf Geschoßdecken, die durch Umfallen die Wandkonstruktionen beaufschlagen können, übereinstimmt.

Der Stoßversuch im "kalten" Gebrauchszustand läßt sich mit dem frühzeitigen Versagen von Einrichtungen begründen, die dann vom Brand praktisch noch nicht geschädigte Wände beanspruchen.

Die Durchführung eines solchen Stoßversuchs verspricht folgende Ergebnisse:

- Kritische Anschlüsse, z. B. bei nichttragenden Elementen aus Gasbeton oder Blechkonstruktionen, werden realistisch überprüft.
- Die Dimensionierung unkritischer Konstruktionen, z. B. aus Stahlbeton, ergibt sich durch die Forderung "F 90". Die Stoßbeanspruchung kommt bei diesen Wänden kaum zum Tragen.
- Die Stoßbeanspruchung kann von der richtigen Seite simuliert werden.
- Als Vertikallast sollte nur das Eigengewicht der Wand angesetzt werden, da sich dann der geringsten Widerstand gegen eine Stoßbeanspruchung ergibt; damit werden alle in Praxis vorkommenden Belastungsarten abgedeckt.

Unabhängig davon, welches der o. g. alternativen Prüfverfahren gewählt wird, muß man davon ausgehen, daß partielle Abweichungen der Prüfergebnisse gegenüber dem Prüfverfahren nach DIN 4102 Teil 3 unvermeidlich sind. In Abhängigkeit von der Wahl des Verfahrens, der Kalibrierungsbeispiele und der zu beurteilenden Bauarten werden einige der bisherigen Klassifizierungen bestätigt, andere ggf. nach oben oder unten verändert werden.



## 7 SCHLUSSFOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN

Die bisherigen Untersuchungen gemäß Abschnitt 2 bis 6 lassen sich in folgenden Schlußfolgerungen und Empfehlungen zusammenfassen:

- Das Schutzziel bei Brandwänden, eine Brandausbreitung in einem benachbarten Brandabschnitt mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit auch bei beliebigen Schäden in dem vom Brand betroffenen Brandabschnitt zu verhindern, kann nach einhelliger Einschätzung der deutschen Fachleute bei ersatzlosem Wegfall der zusätzlichen Festigkeitsprüfung (Bleischrotsack) nicht mehr in vollem Umfang erreicht werden.
- Bei dem in DIN 4102 Teil 3 genormten Prüfverfahren wird das angestrebte Schutzziel nicht hinreichend deutlich weil
  - o der Stoß auf die dem Feuer abgewandte Wandseite erfolgt, auf der definitionsgemäß mechanische Einwirkungen infolge brandbedingter Schäden nicht zu erwarten sind,
  - o die Stoßbelastung erst nach etwa 90 Minuten Brandbeanspruchung aufgebracht wird, obwohl brandbedingte Stoßursachen wesentlich früher auftreten,
  - o dem Prüfverfahren eine komplizierte, kaum nachvollziehbare Belastungsphilosophie zugrunde liegt, die besonders bei zweischaligen Brandwänden absolut praxisfremd ist.
- Die deutscherseits weiterhin für erforderlich gehaltene erhöhte Widerstandsfähigkeit gegen auftretende mechanische Zusatzbeanspruchung während eines Brandes läßt sich nicht indirekt durch Veränderung bzw. Ergänzung von Anforderungen z.B. durch
  - o Erhöhung der Feuerwiderstandsdauer,
  - o Prüfung bzw. Berechnung unter einer horizontalen statischen Ersatzlast oder
  - o Festlegung von bestimmten Konstruktionsarten,simulieren weil sich diese Zusatzanforderungen ebenfalls nicht schlüssig aus dem Schutzziel zurückführen lassen oder (im letzten Fall) sich bereits in der Vergangenheit als ungeeignet und fortschrittshemmend erwiesen haben.

- Vom Schutzziel her wäre es naheliegender und daher international leichter zu vertreten, den Stoß auf die brandbeanspruchte Seite aufzubringen. Dies ist jedoch versuchstechnisch nur mit unvertretbar großem Kostenaufwand zu realisieren.
- Unter prüftechnischen Gesichtspunkten gäbe es eine Alternative zum derzeitigen Verfahren nach DIN 4102 Teil 3, die auf international anerkannten Prüfvorschriften aufbaut, nämlich
  - o Nachweis einer Feuerwiderstandsklasse von mindestens 90 Minuten (ggf. unter exzentrischer Last) nach CEN XXX (ISO 834),
  - o Festigkeitsprüfung durch Stoßbeanspruchung im (kalten) Gebrauchszustand in Anlehnung an ISO 7892 und ISO/DIS 7893.2, allerdings mit modifizierten Beanspruchungen.
  - o Kalibrierung dieser modifizierten Stoßbeanspruchung anhand der heute üblichen Brandwandausführungen.
- Für die Kalibrierung wären einige repräsentative, in DIN 4102 Teil 4 genormte Wandkonstruktionen auszuwählen, z. B. Mauerwerkswände und ggf. eine nichttragende Trennwandkonstruktion. Die Stoßarbeit muß dabei so kalibriert werden, daß die Klassifizierungen der bisherigen Brandwandkonstruktionen im wesentlichen bestätigt werden. Es ist zu akzeptieren, daß sich in Einzelfällen im Vergleich zu den Angaben von DIN 4102 Teil 4, Tabelle 42, bzw. zu gültigen Prüfzeugnissen sowohl günstigere, als auch ungünstigere Dimensionierungen ergeben.

Deshalb und wegen des geringen Interesses der europäischen Partnerländer an einem harmonisierten Prüfverfahren wurde im Spiegelausschuß "Bauteile" beschlossen, das Prüfverfahren nach DIN 4102 Teil 3, trotz der oben beschriebenen Inkonsistenzen, unverändert in die europäische Normung in CEN/TC 127 (ad hoc 10) einzubringen.

## HARMONISATION A L'ECHELLE EUROPEENNE DES PRESCRIPTIONS D'ESSAI DANS LE DOMAINE DE LA PROTECTION PREVENTIVE CONTRE LES INCENDIES

Dans les essais de réaction au feu, selon DIN 4102 partie 2, pour les murs de clôture et les supports revêtus ainsi que selon DIN 4102 partie 3 pour les murs coupe-feu, pas seulement la durée de résistance au feu mais aussi la résistance résiduelle à l'effort mécanique sont testées. De tels essais supplémentaires ne sont pas connus dans les pays partenaires européens et ils ne sont pas acceptés par ceux-ci comme prescriptions d'essai harmonisées. Le projet de recherche avait pour but d'analyser, de façon critique, les méthodes d'essai en question et de compiler les arguments pour et contre l'adoption de ces méthodes dans le cadre de la normalisation européenne.

Dans ce contexte,

- les murs de clôture (essai au choc de balle)
- les supports revêtus (résistance à l'eau à éteindre l'incendie)
- les murs coupe-feu (essai au choc de sac au plomb)

ont été soumis à des essais de résistance en ce qui concerne les objectifs de protection à couvrir, le caractère concluant des critères d'essai et les mesures de remplacement pour atteindre les mêmes objectifs de protection. Les résultats d'étude relatifs à ces questions sont documentés en détail aux trois annexes au rapport final. D'après ces résultats, on peut renoncer, au niveau de la normalisation européenne, à l'essai de résistance pour les murs de clôture et les supports revêtus, car les objectifs de protection peuvent être atteints par des mesures de construction (réductions de section) ou par la définition d'exigences à satisfaire par la résistance du matériau de revêtement. Pour les murs coupe-feu, la résistance à l'effort mécanique est cependant considérée comme indispensable. En vue de satisfaire aux exigences du Document de Base relatif à la protection contre les incendies, il est proposé de se servir directement de la méthode d'essai définie dans la norme DIN 4102 partie 3 comme norme européenne, car les pays partenaires ne sont apparemment pas intéressés à une prescription d'essai harmonisée nouvelle, relative aux murs coupe-feu.

## HARMONIZATION OF EUROPEAN TEST REGULATIONS FOR PREVENTIVE STRUCTURAL FIRE PROTECTION MEASURES

In fire tests according to DIN 4102 Part 2 for walls as parts of the compartment enclosure, for isolated steel columns as well as for fire walls according to DIN 4102 Part 3, beside the fire resistance duration the remaining resistance against mechanical actions is tested, too. Such additional mechanical resistance criteria are not known in other European countries and are therefore not accepted for harmonized European test regulations. The research project aimed at critically analyzing the related test criteria and collecting arguments for defending or releasing them in European standardization.

The three additional mechanical test procedures for separating walls (ball impact test), isolated columns (hose stream test) and fire walls (heavy impact test) were analyzed with respect to the protection goals to be covered, the consistency of the formulated test criteria and possible alternative measures to ensure the required safety goals. The results of these analyses are documented in detail in three annexes to the final report. It is concluded that, as far as walls of the room enclosure and isolated columns are concerned, it does not seem necessary to insist on additional mechanical tests for European regulations; the safety goals can be covered by constructive measures in the region of cross sectional weak points and requirements with respect to the mechanical resistance of the isolating material. In contrast to that, the mechanical resistance of fire walls is believed to be indispensable. In order to fulfil the requirements in the recent draft of the Interpretative Document "Essential Requirements Safety in Case of Fire" the German CEN delegation should propose the test procedure of DIN 4102 Part 3 to be directly used as European standard for fire separating walls with additional mechanical resistance (classification "REI-M" or "RE-M").