



Technische
Universität
Braunschweig



Braunschweiger Brandschutz-Tage 2012

26. Fachtagung Brandschutz bei Sonderbauten

19. und 20. September 2012

Tagungsband

Herausgegeben von Dietmar Hosser

Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (iBMB)
Materialprüfanstalt für das Bauwesen (MPA) Braunschweig

Heft 218

Braunschweig

2012

ISBN 978-3-89288-203-9

ISSN 1439-3875 (Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz)

ISSN 0934-2419 (Braunschweiger Brandschutz-Tage)

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek

The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available in the Internet at <http://dnb.d-nb.de>.

Information bibliographique de la Deutsche Nationalbibliothek

La Deutsche Nationalbibliothek a répertorié cette publication dans la Deutsche Nationalbibliografie; les données bibliographiques détaillées peuvent être consultées sur Internet à l'adresse <http://dnb.d-nb.de>.

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Geleitwort	7
D. Hosser, Braunschweig	
Sitzung 1 - Neuerungen im Brandschutz	9
Leitung: A. Rohling, Braunschweig	
1.1 Die neue EU-Bauproduktenverordnung B. Schneider, Berlin	11
1.2 Konsequenzen der Bauproduktenverordnung für Hersteller und Prüfanstalten W. Hinrichs, Braunschweig	17
1.3 Neuerungen bei der brandschutztechnischen Ertüchtigung von Bestandsdecken T. Mittmann, Braunschweig	29
1.4 Anlagentechnische Beiträge zur Unterstützung der Evakuierung von Gebäuden im Brandfall H. Herbst und S. Festag, Sulzburg	41
Sitzung 2 - Normen, Richtlinien, Verordnungen	61
Leitung: J. Wesche, Leverkusen	
2.1 Anwendung der Eurocode-Brandschutzteile und der Restnorm DIN 4102-4 im bauaufsichtlichen Verfahren K.-D. Wathling, Berlin	63
2.2 Neue DIN 4102-4 – Regelungen zum Brandverhalten von Betonbauteilen M. Tillmann, Bonn	75
2.3 Neue DIN 4102-4 – Regelungen zum Brandverhalten von Mauerwerk C. Hahn, Hamburg/Braunschweig	87
2.4 Neue DIN 4102-4 – Regelungen zum Brandverhalten von Holzbauteilen M. Peter, München	99

	Seite
2.5 Grundlagen für die Zulassung und Normung des Brandverhaltens von Feuerschutzvorhängen J. Stöbich, Goslar	177
2.6 Grundlagen für die Zulassung und Normung des Brandverhaltens von Fassadenkonstruktionen I. Kotthoff, Leipzig	119
Sitzung 3 - Brandschutzkonzepte für Sonderbauten Leitung: J. Zehfuß, Hamburg	129
3.1 Brandschutzkonzept für einen Industriebau mit einer Gebäudehülle in Holzrahmenbauweise D. Kruse, Braunschweig	131
3.2 Norddeutsches Zentrum für nachhaltiges Bauen - Pilotprojekt mit angewandter Forschung B. Kampmeier und J. Wachtling, Braunschweig	149
3.3 MILANO in Stuttgart – Aktuelles zum Brandschutz- konzept C. Klinzmann, Hamburg	173
3.4 Festlegung von Brandschutzmaßnahmen aus Sicht des Arbeitsschutzes T. Wolf, Dortmund	187
3.5 Internationaler Vergleich der Bemessung von Rettungswegen in Versammlungsstätten B. Forell, Köln	199
Sitzung 4- Rauchableitung, Rauchfreihaltung Leitung: D. Hosser, Braunschweig	215
4.1 Grundlagenpapier Entrauchung des VDMA- Expertenkreises Baurecht R. Detzer, Hamburg	217
4.2 Bauordnungsrechtliche Schutzziele und Anforderungen an die Rauchableitung F. Mehl, Leipzig	227

	Inhalt
	Seite
4.3	Entrauchung als Voraussetzung für die Durchführung wirksamer Löscharbeiten R. Ries, Frankfurt/Main 247
4.4	Entrauchung zur Sicherstellung der Schutzziele bei Sonderbauten W. Siegfried, Braunschweig 259
Anhänge	275
A.1	Anschriften der Referenten und Sitzungsleiter 275
A.2	Kurzvorstellung des Veranstalters (iBMB / MPA) 281
A.3	Verzeichnis der Schriften aus dem iBMB 285

GELEITWORT



Die „Braunschweiger Brandschutz-Tage“ haben ein Vierteljahrhundert überdauert und konnten trotz der inzwischen zahlreicher gewordenen Konkurrenzveranstaltungen ein Alleinstellungsmerkmal bewahren: es ist die einzige Veranstaltungsreihe im Brandschutz, deren Veranstalter gleichermaßen in der Brandschutzforschung, der Materialprüfung und der universitären Brandschutzausbildung an vorderster Front tätig sind. Das ist sicher ein wesentlicher Grund dafür, dass alljährlich mehr als tausend Brandschützer aus Bauaufsichtsbehörden, Feuerwehren, Ingenieurbüros, Industrie, Versicherungen, Prüf- und Forschungsanstalten die Fachtagung fest im Terminkalender haben.

Diesmal ist wieder die Variante „Brandschutz bei Sonderbauten“ an der Reihe, bei der traditionell die Materialprüfanstalt Braunschweig den anwendungsorientierten Sitzung 1 gestaltet. Unter dem Motto „Neuerungen im Brandschutz“ wird über die Auswirkungen der neuen Bauproduktenverordnung der EU für die Hersteller von Brandschutzprodukten, die Prüfanstalten und die Anwender berichtet. Außerdem werden neue bauliche Möglichkeiten bei der brandschutztechnischen Ertüchtigung im Bestand sowie anlagentechnische Konzepte zur Unterstützung der Personenrettung vorgestellt.

Die Sitzung 2 „Normen, Richtlinien, Verordnungen“ hat in diesem Jahr zwei Themenschwerpunkte. Die ersten vier Beiträge befassen sich mit der neuen Situation in der Brandschutzbemessung, die durch die bauaufsichtliche Einführung der Eurocodes zum 1. Juli 2012 entstanden ist. Die Brandschutzteile der Eurocodes decken zwar die baupraktisch relevanten tragenden Bauteile aus den verschiedenen Konstruktionsbaustoffen ab, sind aber (und bleiben vermutlich auch) hinsichtlich der raumabschließenden Konstruktionen unvollständig und enthalten keine Sonderbauteile. Daher ist es für die deutsche Praxis notwendig, die entsprechenden Regelungen der DIN 4102 Teil 4 auch künftig nutzen zu können. Zu diesem Zweck wird in Kürze eine neue, konsolidierte Fassung dieser Norm erscheinen, über deren wesentliche Inhalte berichtet wird. In zwei weiteren Beiträgen geht es um die Bereitstellung von experimentellen Grundlagen für die bauaufsichtliche Zulassung neuer Brandschutzprodukte, in diesem Fall Fassadenkonstruktionen und textile Feuerschutzabschlüsse.

In der Sitzung 3 „Brandschutzkonzepte für Sonderbauten“ werden zunächst drei Sonderbau-Projekte vorgestellt, in denen jeweils besondere brandschutztechnische Herausforderungen durch neuartige Gebäudekonzepte zu bewältigen waren. Es folgen zwei Vorträge, die sich mit der Personensicherheit bei Gebäudebränden, einerseits aus Sicht des Arbeitsschutzes und andererseits mit dem Fokus auf Versammlungsstätten befassen.

Die Sitzung 4 mit jährlich wechselnden Schwerpunkten ist in diesem Jahr – mal wieder – dem Reizthema Rauch gewidmet. Für die Aufnahme dieses Themas in das Programm gab es einen aktuellen Anlass. Zum einen hat die Fachkommission Bauaufsicht der ARGEBAU über ihre Projektgruppe Brandschutz in einem Grundsatzpapier festgestellt, dass bei den sog. Standardgebäuden aufgrund der baulichen Anforderungen an die Rettungswege die Flucht und Rettung von Personen im Brandfall gesichert ist und Entrauchungsmaßnahmen daher primär wirksame Löscharbeiten der Feuerwehr ermöglichen sollen. Zu weitergehenden Anforderungen an die Entrauchung bei Sonderbauten enthält das Grundsatzpapier wenig konkrete Aussagen. Diese wiederum waren Gegenstand von Beratungen in einem eigens dafür eingerichteten Expertenkreis Baurecht des VDMA, deren Ergebnis ein detailliertes Grundlagenpapier zur Entrauchung war. Nach Vorstellung und Erläuterung der beiden Papiere kommen zwei hiervon betroffene Kreise zu Wort, die Feuerwehren und die Fachplaner für Brandschutz. Alles in allem dürfte die Sitzung viel (Zünd-)Stoff für eine spannende Diskussion und eine hoffentlich beide Positionen integrierende Synthese bieten.

Wie in jedem Jahr trägt auch die begleitende Fachausstellung mit rund 70 Fachfirmen wesentlich zum Erkenntnisgewinn der Tagungsteilnehmer bei. Hier können die in den Vorträgen angesprochenen baulichen und anlagentechnischen Brandschutzmaßnahmen in Natura auf dem jeweils neuesten Stand der Technik besichtigt werden. Präsentationen von einschlägiger Software und Fachliteratur runden den umfassenden Überblick über den aktuellen Stand der Brandschutztechnik ab.

Ich danke den Referenten und Moderatoren, den Ausstellern, dem Personal der Zentralstelle für Weiterbildung im Tagungsbüro und nicht zuletzt meinen Mitarbeitern für die Mitwirkung bei der Vorbereitung und Durchführung der Tagung. Allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern wünsche ich viele neue Informationen aus den Vorträgen in den Sitzungen und den Besichtigungen in der Ausstellung, gute Gespräche in den Pausen und beim Abendempfang und viel Spaß beim Lesen dieses Tagungsbandes.

Braunschweig, 19. September 2012

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'D. Hosser', with a stylized, flowing script.

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dietmar Hosser
Wissenschaftlicher Leiter der Fachtagung

SITZUNG 1

NEUERUNGEN IM BRANDSCHUTZ

Sitzungsleitung: A. Rohling, Braunschweig

DIE NEUE EU-BAUPRODUKTENVERORDNUNG

Bernhard Schneider

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin

EINLEITUNG

Was lange währt, wird endlich gut. 2008 hatte die EU-Kommission einen Vorschlag zur Überarbeitung des europäischen Bauproduktenrechts vorgelegt – rund drei Jahre mit über 50 Arbeitssitzungen in Brüssel und 169 Ratsdokumenten unter fünf Ratspräsidentschaften später wurde 2011 die neue Bauproduktenverordnung verabschiedet. Unter ihrer vollständigen Bezeichnung als „Verordnung (EU) Nr. 305/ 2011 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. März 2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten“ ist sie am 04.04.2011 im EU-Amtsblatt bekanntgemacht worden. Sie löst damit zum 01.07.2013 die Bauproduktenrichtlinie aus dem Jahr 1988 ab – damals noch eine Richtlinie der „Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft“ (89/106/EWG).

Als EU-Verordnung bedarf die Bauproduktenverordnung keiner nationalen Umsetzung mehr. Sie wird in allen Mitgliedstaaten künftig unmittelbar gelten, also auch für die Wirtschaftsakteure, an die sie sich richtet: Hersteller und ihre Bevollmächtigten, Importeure und Händler. Damit ist ein großes Manko der Bauproduktenrichtlinie behoben. Ihre Rechtsform hatte in einigen Mitgliedstaaten dazu geführt, die CE-Kennzeichnung für Bauprodukte als freiwilliges System zu verstehen. Dies ist künftig nicht mehr möglich: Ab Inkrafttreten der Bauproduktenverordnung am 01.07.2013 gilt die Pflicht zur CE-Kennzeichnung überall gleich.

Inhaltlich trägt die Bauproduktenverordnung den Erfahrungen mit der Bauproduktenrichtlinie Rechnung. Verhiess diese noch eine „Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten“ nimmt sich die Bauproduktenverordnung schon im Titel auf den Anspruch zurück, für die „Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten“ zu sorgen. Tatsächlich führte die europäische Harmonisierung der Prüfverfahren und Qualitätssicherungssysteme schon bislang nicht dazu, dass ein Bauprodukt ohne weiteres auch in jedem Mitgliedstaat und für jede vom Hersteller angestrebte Verwendung im Bauwerk eingebaut werden durfte. Dafür haben sich die nationalen Ordnungsvorstellungen sowie die möglichen Verwendungen und örtlichen Bautraditionen als zu vielfältig erwiesen. Zugleich standen und stehen einer intensiveren Harmonisierung die Kompetenzregeln der EU entgegen. Denn nach ihnen verbleibt die Festlegung von Anforderungen an Bauwerke, auch wenn sich aus ihnen mittelbar Anforderungen an Bauprodukte ableiten, zwingend in der Regelungskompetenz der Mitgliedstaaten.

REGELUNGSGEHALT DER BAUPRODUKTENVERORDNUNG

CE-Kennzeichnung und Leistungserklärung

Auf der Grundlage der Bauproduktenverordnung werden regelmäßig (nur) die Prüfverfahren, nicht aber bestehende Anforderungen vereinheitlicht. Dies geschieht in harmonisierten technischen Spezifikationen: in harmonisierten Europäischen Normen oder in Europäischen Bewertungsdokumenten, auf deren Grundlage einem Hersteller auf Antrag für ein Produkt eine Europäische Technische Bewertung (bisher: „Zulassung“) ausgestellt werden kann. Mit Bezug auf eines dieser Dokumente ist der Hersteller befugt und verpflichtet, die CE-Kennzeichnung aufzubringen, mit der er die Richtigkeit der erklärten Leistungen erklärt.

Zusammen mit der CE-Kennzeichnung muss eine Leistungserklärung mit einer Liste aller in der Norm oder Bewertung enthaltenen Produkteigenschaften erstellt werden. Dabei sollen zumindest diejenigen Leistungswerte positiv angegeben werden, die für die Errichtung eines Bauwerks je nach Mitgliedstaat notwendig sind. Diese Werte sind zusätzlich unmittelbar auf dem Produkt anzugeben.

Ausnahmen und Vereinfachungen

Ausnahmen von der CE-Pflicht sind ggf. möglich, wenn das Produkt individuell in Nichtserienfertigung und auf besonderen Auftrag hin gefertigt wurde oder es auf der Baustelle hergestellt und dort auch eingebaut wurde. Außerdem gibt es einen Ausnahmetatbestand für Bauprodukte, die aus denkmalpflegerischen Gründen abweichend gefertigt werden.

Eine bedeutsame Vereinfachung besteht in der teilweisen Abkehr der Bauproduktenverordnung vom sog. „performance-Prinzip“. Dieses Prinzip hat zum Inhalt, dass Leistungsangaben nur nach Durchführung eines Produkttests gemacht werden dürfen. Nunmehr wird ausdrücklich anerkannt, dass deklaratorische Verfahren zuweilen gleich zuverlässig, aber kostengünstiger als Prüfungen sind.

Desweiteren sieht die Bauproduktenverordnung in bestimmten Fällen vereinfachte Verfahren zur CE-Kennzeichnung vor. So soll der Hersteller Leistungsangaben machen dürfen, ohne das Produkt vorher (ggf. noch einmal) getestet zu haben, wenn die jeweilige technische Spezifikation – also Norm oder Zulassungs-/ Bewertungsdokument – dies vorsieht, und er darf ggf. von einem anderen Hersteller erzielte Testergebnisse verwenden.

Weitere Regelungen sehen vor, dass „Kleinstunternehmen“ sowie Hersteller von Sonderanfertigungen für bestimmte Einzelbauwerke ggf. nach Norm erforderliche Nachweise durch eine Spezifische Technische Dokumentation ersetzen dürfen. Im Gesetzgebungsverfahren wurde u. a. von Deutschland in Über-

einstimmung mit Forderungen der Bauwirtschaft durchgesetzt, die Kleinstunternehmensklausel auf Produkte von geringerer Bedeutung im Bauwerk zu beschränken und in beiden Vorschriften ein ausdrückliches Gleichwertigkeitsgebot im Verhältnis zu genormten Produkten zu ergänzen. Zu beachten ist zudem, dass für den Begriff des „Kleinstunternehmens“ auf eine umfassende Definition in einem gesonderten Beschluss der Europäischen Kommission Bezug genommen wird. Danach dürfte ein Missbrauch der Kleinstunternehmensklausel etwa durch Ausgründungen im Familien- oder Konzernverbund weitgehend ausgeschlossen sein.

Europäische Anforderungen

Auch wenn die Bauproduktenverordnung grundsätzlich nur Rahmenrecht für harmonisierte technische Spezifikationen darstellt, geht sie zum Teil deutlich über die Bauproduktenrichtlinie hinaus. So sieht sie erstmals Informationspflichten für bestimmte Inhaltsstoffe vor, und sie ermöglicht erstmals den Erlass produktbezogener Mindestanforderungen:

Zum einen regelt die Bauproduktenverordnung eine – vor allem vom Europäischen Parlament mit Nachdruck eingeforderte – europaweite Pflicht zur Information über gefährliche Inhaltsstoffe. Nach der Bauproduktenverordnung sind die nach der europäischen Chemikalienverordnung REACH vorliegenden Informationen über besonders gefährliche Stoffe zusammen mit der Leistungserklärung zur Verfügung zu stellen. Damit ist erstmals vorgesehen, dass solche Informationen auch alle Endverwender erreichen.

Zum anderen kann die Kommission durch delegierte Rechtsakte nach Artikel 290 des Vertrages über die Arbeitsweise der Europäischen Union etwa bezogen auf einzelne Inhaltsstoffe oder Leistungswerte europaweit gültige, einheitliche Schwellenwerte festlegen. Ob die Kommission hiervon Gebrauch machen wird und ggf. in welchem Umfang ist jedoch zurzeit noch völlig offen.

Pflichten der Wirtschaftsakteure

Deutliche Transparenzgewinne liegen darin, dass die Bauproduktenverordnung die Pflichten von Herstellern und ihren Bevollmächtigten, Importeuren und Händlern in einem umfassenden Katalog ausdrücklich aufführt und präzisiert. Hierzu gehören neben den Pflichten in Bezug auf CE-Kennzeichnung und Leistungserklärung die Pflicht, Bauprodukte durch Typen-, Chargen- oder Seriennummern rückverfolgbar zu machen, Tätigkeitspflichten im Falle des Bekanntwerdens von Produktmängeln, eine Aufbewahrungsfrist von 10 Jahren für technische Unterlagen sowie eine strikte Kooperationsverpflichtung gegenüber den Marktüberwachungsbehörden. Auch die Aufgaben dieser Behörden werden ausführlicher als bisher und in Ergänzung der allgemeinen Vorschriften der Verordnung (EG) Nr. 765/2008 über Akkreditierung und Marktüberwachung geregelt.

Europäische Technische Bewertungen

Sofern es für ein Bauprodukt oder für einen Teil seiner Wesentlichen Merkmale (noch) keine harmonisierte europäische Norm gibt, kann sich ein Hersteller – wie bereits erwähnt – ein europaweit anzuerkennendes Prüfverfahren auf dem Weg der „Bewertung“ durch eine Technische Bewertungsstelle beschaffen. Wie bei der Normung ist auch bei der Erarbeitung des dieser zugrundeliegenden Europäischen Bewertungsdokuments der Regelungsbedarf der Mitgliedstaaten zu beachten. Allerdings ist die Verfahrensqualität der Bewertung im Vergleich zur Normung reduziert. Daher erstreckt sich die an die Mitgliedstaaten gerichtete Anpassungsverpflichtung nicht auch auf die Bewertung.

Damit dürfte die Bewertung der gegenseitigen Anerkennung von Bauprodukten näher stehen als der Rechtsharmonisierung. Der bisherige Rechtsstatus der Europäischen Technischen Zulassung als einer „positiven technischen Beurteilung der Brauchbarkeit eines Produkts hinsichtlich der Erfüllung der wesentlichen Anforderungen für Bauwerke, für die das Produkt verwendet wird“ – so bisher Artikel 8 der Bauproduktenrichtlinie – wird aufgegeben. Hierzu passt auch, dass – anders als bisher – die „Bewertung“ von der Bewertungsstelle auf vertraglicher Grundlage durchgeführt wird und wohl auch keine, wenn auch zeitlich befristete, „Gültigkeit“ im Sinne eines Bestandskraft vermittelnden Rechtsanspruchs mit sich bringt.

Maßstab der Produktbewertungen sind zukünftig Europäische Bewertungsdokumente. Diese werden von einer neuen europäischen Organisation der Technischen Bewertungsstellen in einem formalisierten und mit Fristen versehenen Verfahren unter Zusammenwirken der Bewertungsstellen erstellt. Die Kommission hat hier Beteiligungsrechte und kann zudem im Rahmen eines delegierten Rechtsaktes das Verfahren zur Erstellung eines Bewertungsdokumentes modifizieren. Die Bewertungsdokumente ersetzen die bisherigen, von der Kommission beschlossenen Zulassungsleitlinien. Bereits erlassene Zulassungsleitlinien gelten formal als Bewertungsdokumente fort.

Die Grundanforderungen an Bauwerke

Die in der Bauproduktenverordnung aufgeführten „Grundanforderungen an Bauwerke“ dienen als Bezugsrahmen für Normung und Bewertung: Diejenigen wesentlichen Merkmale von Bauprodukten, die in einer in den Grundanforderungen beschriebenen Weise mit dem Bauwerk zusammenhängen, sind – wie bisher – zulässiger Gegenstand europäischer Normung bzw. Bewertung.

Sie wurden erweitert um die Grundanforderungen der „Nachhaltigen Nutzung der natürlichen Ressourcen“, des Klimaschutzes, der Sicherheit im Sinne von „security“ (Einbruchssicherheit) und der Barrierefreiheit.

Vor allem auf Betreiben des Parlaments kommt in den Grundanforderungen dem Arbeitsschutz neue Bedeutung zu. Der neue Lebenszyklusansatz in Bezug auf das Bauwerk umfasst definitionsgemäß bereits die Herstellung der zu seiner

Errichtung benötigten Bauprodukte, ja sogar schon die Gewinnung der hierfür notwendigen Rohstoffe. Da Grundanforderung Nr. 3 ebenso wie der Einleitungstext zu den Grundanforderungen nunmehr auch Hygiene, Gesundheit und Sicherheit von Arbeitnehmern als Schutzgut nennt, sind daher künftig auch Arbeitsschutzaspekte möglicher Gegenstand von Normung und Bewertung.

Produktinfostellen

Die Bauproduktenverordnung schreibt in Anlehnung an die nach der Verordnung (EG) Nr. 764/2008 über gegenseitige Anerkennung von Produkten und technischen Vorschriften die Einrichtung von Produktinfostellen für Vorschriften bezüglich des Einbaus, der Montage oder der Installation von Bauprodukten vor. Diese erleichtern Herstellern und Verwendern künftig die Ermittlung der jeweils national geltenden Anforderungen und stellen damit einen wichtigen Beitrag zum Bürokratieabbau dar. Die in Deutschland zuständige Produktinformationsstelle ist bei der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung angesiedelt (<http://www.pcp.bam.de/>).

Inkrafttreten und Übergangsbestimmungen

Die Bauproduktenverordnung enthält eine gespaltene Inkrafttretensregelung: Bereits seit dem 24.04.2011 sind diejenigen Regelungen in Kraft, die notwendig sind, um sicherzustellen, dass mit dem eigentlichen Inkrafttreten am 01.07.2013 volle Arbeitsfähigkeit hergestellt ist. Damit können zügig die institutionellen Voraussetzungen der Technischen Bewertung und der Notifizierung von Drittstellen geschaffen werden. Auch der Ständige Ausschuss für das Bauwesen, in dem die Mitgliedstaaten vertreten sind, wird schon auf der Grundlage der neuen Verordnung einberufen.

Übergangsbestimmungen stellen sicher, dass bereits erbrachte Aufwendungen der Hersteller zur CE-Kennzeichnung nicht umsonst waren. So gelten insbesondere schon in Verkehr gebrachte Produkte ohne weiteres als rechtskonform, die bisherigen Konformitätsnachweise können als Grundlage der Leistungserklärung verwendet werden und europäische technische Zulassungen können während ihrer Gültigkeitsdauer als Europäische Technische Bewertungen verwendet werden.

Nach der Bauproduktenrichtlinie notifizierte Prüf-, Überwachungs- oder Zertifizierungsstellen können allerdings nicht einfach weiterarbeiten, sondern bedürfen einer Neunotifizierung für die Bauproduktenverordnung. Hierfür wird künftig – dazu sogleich – eine Akkreditierung durch die Deutsche Akkreditierungsstelle (DAkkS) notwendig sein.

DIE ANPASSUNG DES DEUTSCHEN BAUPRODUKTENGESETZES

Die Bauproduktenverordnung gilt, wie gezeigt wurde, unmittelbar. Gleichwohl ist es insbesondere notwendig, die national auszuführenden Aufgaben zu vertei-

len. Dafür sieht der von der Bundesregierung im Bundestag eingebrachte Entwurf eines überarbeiteten Bauproduktengesetzes (BT-Drs. 17/10310) vor, dass das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) in Fortführung seiner bisherigen Tätigkeit als Zulassungsstelle den Bereich der Europäischen Technischen Bewertungen übernimmt. Außerdem wird geregelt, dass es für die Notifizierung von unabhängigen Drittstellen wie Prüflaboren und Produktzertifizierungsstellen künftig einer Akkreditierung durch die hierfür aufgrund europäischen Rechts eingerichtete Deutsche Akkreditierungsstelle (DAkkS) bedarf. Auf der Grundlage dieser Akkreditierung nimmt sodann das DIBt die Notifizierung in Brüssel vor.

ZUSAMMENFASSENDE WERTUNG

Es ist zu erwarten, dass die Bauproduktenverordnung mitsamt den zu ihrer Durchführung vorgesehenen Rechtsvorschriften des Bauproduktengesetzes eine dauerhaft tragfähige Grundlage zum weiteren Ausbau des EU-Binnenmarkts für Bauprodukte darstellen wird.

Die neue Bauproduktenverordnung führt das bisherige System der Produktzertifizierung auf der Grundlage harmonisierter europäischer Normen und Bewertungen schlüssig weiter. Eine Reihe von bisher strittigen Fragen wird rechtlich geklärt, Fragen des Arbeits-, Umwelt- und Klimaschutzes, für die in den Jahren seit Erlass der Bauproduktenrichtlinie die Sensibilität gestiegen ist, finden stärker Eingang in das europäische Bauproduktenrecht. Dagegen sind Ansätze einer gewissen Zurücknahme der Harmonisierung in Vereinfachungstatbeständen zu recht nur in überschaubarem Rahmen Wirklichkeit geworden.

Weitere Folgerungen werden zu prüfen sein. Sicher ist, dass der mit der CE-Kennzeichnung erfolgende Verweis auf harmonisierte europäische Normen die Konformitätsvermutung nur im Hinblick auf die Richtigkeit der erklärten Leistungswerte sowie, soweit vorhanden, auf die Einhaltung etwaiger von der Kommission festgelegter Schwellenwerte auslöst. Konformität im Hinblick auf national bestehende Anforderungen an die Verwendung von Bauprodukten im Bauwerk wird nicht bescheinigt. Weiterreichend dürften die Änderungen im Bereich der Europäischen Technischen Bewertungen (bisher: „Zulassungen“) sein. Sie stellen, wie ausgeführt, in Zukunft ausdrücklich nicht mehr eine „positive technische Beurteilung der Brauchbarkeit eines Produkts hinsichtlich der Erfüllung der wesentlichen Anforderungen für Bauwerke, für die das Produkt verwendet wird“, dar. Schließlich ist offen, wie mit den einem vereinfachten Verfahren unterliegenden Bauprodukten zu verfahren ist. Sie sind nicht normkonform, behaupten aber auf der Grundlage einer „Spezifischen technischen Dokumentation“ Gleichwertigkeit zu normkonformen Produkten – und sie tragen die CE-Kennzeichnung.

KONSEQUENZEN DER BAUPRODUKTENVERORDNUNG FÜR HERSTELLER UND PRÜFANSTALTEN

Wilfried Hinrichs

Materialprüfanstalt für das Bauwesen (MPA), Braunschweig

EINLEITUNG

In [1] wurde die neue Bauproduktenverordnung vorgestellt und erläutert. Dieser Beitrag soll nun einige Inhalte näher beleuchten, die vor allem für den Brandschutz von Bedeutung sind. Die Neuregelungen betreffen sowohl die Hersteller und Vertreiber als auch die Anwender von Brandschutzprodukten sowie die Prüfanstalten und Zertifizierungsstellen, die sich mit dem Brandschutz beschäftigen.

DIE EU-BAUPVO AUS SICHT DES BRANDSCHUTZES

Der Titel – EU-Verordnung zur Festlegungen harmonisierter Bedingungen zur Vermarktung von Bauprodukten [2] – lässt auf den ersten Blick eher wenig Bezug zum Brandschutz bei Sonderbauten erkennen. Da die Vermarktung aber letztlich dem Ziel dient, die gehandelten Bauprodukte dauerhaft in Bauwerke einzubauen, markiert folgender Grundsatz die Einleitung zur EU-Verordnung:

„Den Vorschriften der Mitgliedstaaten zufolge müssen Bauwerke so entworfen und ausgeführt werden, dass sie weder die Sicherheit von Menschen, Haustieren oder Gütern gefährden noch die Umwelt schädigen.“

Für Bauprodukte, die auf den Markt gebracht werden, müssen also Eigenschaften nachgewiesen werden, mit denen die beabsichtigte Verwendung unter Berücksichtigung vorgegebener Schutzziele realisiert werden kann. Das betrifft selbstverständlich auch den Brandschutz, der weiterhin eine der Grundanforderungen an Bauwerke darstellt. Entsprechend heißt es, dass das Bauwerk derart ausgeführt sein muss, dass bei einem Brand

- „die Tragfähigkeit des Bauwerks während eines bestimmten Zeitraums erhalten bleibt;
- die Entstehung und Ausbreitung von Feuer und Rauch innerhalb des Bauwerks begrenzt wird;
- die Ausbreitung von Feuer auf benachbarte Bauwerke begrenzt wird;
- die Bewohner das Bauwerk unverletzt verlassen oder durch andere Maßnahmen gerettet werden können;
- die Sicherheit der Rettungsmannschaften berücksichtigt ist.“

Diese Vorgaben sind in vergleichbarer Form in § 14 der Musterbauordnung [3] enthalten. Trotz ihres eher ‚kaufmännischen‘ Titels schließt die EU-Verordnung also direkt an die Bauordnung an.

Aus Sicht des Brandschutzes regelt die EU-Verordnung einen Bereich, der – zumindest in Deutschland – derzeit als eher weniger kritisch einzuschätzen ist. Zeigen doch die Ergebnisse der Hauptamtlichen Brandschauen ganz überwiegend, dass Bauprodukte und daraus hergestellte Bauteile als Brandursachen kaum eine Rolle spielen. Die wesentlichen Brandursachen, d. h. Brandentstehung durch mangelhafte Bauausführung, durch bauliche Veränderungen ohne Genehmigung und/oder durch unsachgemäße Verwendung von Bauwerken, werden von der neuen Verordnung in keiner Weise berührt.

Bis dato kann man diesbezüglich eine positive Bilanz ziehen: Bei den Bauprodukten greifen die Maßnahmen des präventiven Brandschutzes nachweislich. An diesem Ergebnis muss sich die neue Verordnung zukünftig messen lassen.

DIE WIRTSCHAFTSAKTEURE UND DIE NOTIFIZIERTEN STELLEN

Hersteller, Vertreiber, Importeure usw. (das sind die so genannten ‚Wirtschaftsakteure‘) müssen – wie in [1] erläutert wurde – neuen Dokumentationspflichten nachkommen, können aber auch neue Rechtsinstrumente benutzen. Die Anforderungen an die harmonisierten Bauprodukte, z.B. an das Brandverhalten, die Feuerbeständigkeit und/oder den Brand von außen, ändert sich dadurch nichts. Das gilt selbstverständlich auch für bereits harmonisierte Brandschutzprodukte wie

- Sprinkleranlagen,
- ortsfeste Brandschutzeinrichtungen,
- Installationen [Schächte, Kanäle, Wanddurchführungen usw.],
- Rauch- und Wärmeabzugsgeräte,
- Brandschutzbekleidungen und –beschichtungen,
- Produkte zum Abdichten und Verschließen von Fugen und zum Aufhalten von Feuer im Brandfall.

Die aktuelle Grundstruktur für die Zulassung von Bauprodukten wird durch das derzeit im Gesetzgebungsverfahren befindliche BauPG-Anpassungsgesetz auch nicht verändert: Das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) wird als Technische Bewertungsstelle weiterhin eine zentrale Rolle einnehmen.

Viele im Brandschutz tätige Prüfanstalten in Deutschland sind derzeit für die Prüfung, Überwachung und Zertifizierung auf der Grundlage der Bauproduktenrichtlinie tätig. Sie sind dafür von Deutschland benannt („notifiziert“) und werden in der so genannten NANDO-Liste („New Approach Notified and Designated Organisations“) geführt [4]. Mit dem vollständigen Inkrafttreten der EU-BauPVO

ab dem 01.07.2013 verlieren diese Benennungen allerdings ihre Wirkung. Die Aufnahme in die neue Liste setzt voraus, dass sich die Stellen rechtzeitig darauf vorbereiten. Viele müssen mit der Erlangung von Akkreditierungsurkunden Neu-land betreten.

Die Einführung der EU-BauPVO beeinflusst nicht die Verwendung des Übereinstimmungszeichens (Ü-Zeichen). CE- und Ü-Zeichen werden weiterhin gemeinsam an vielen Bauprodukten erforderlich sein, weil die mit einer harmonisierten Spezifikation nachgewiesenen Anforderungen nicht oder nicht vollständig den nationalen Kriterien entsprechen. Augenfällig ist das beim Brandverhalten, weil nach bauaufsichtlicher Einschätzung die Klassifizierung nach EN 13501-1 [5] nicht das Sicherheitsniveau einer Klassifizierung nach DIN 4102-1 [6] aufweist.

NEUE KRITERIEN DER EU-BAUPVO MIT BLICK AUF DEN BRANDSCHUTZ

Eine besondere Neuerung der EU-BauPVO sind die so genannten ‚vereinfachten Verfahren‘ (Art. 36 – 38). Ihr wesentliches Ziel, das durch beharrliche Lobbyarbeit von kleinen und mittleren Unternehmen erreicht wurde (daher auch die Bezeichnung ‚Handwerkerklausel‘), ist eine Kosteneinsparung für die Marktakteure. Ein weiterer gedanklicher Hintergrund ist auch, dass einige dieser Produkte faktisch nicht am Markt erscheinen, weil sie oft vom Herstellort direkt auf die Baustelle verbracht werden. Beispiele zu Art. 36 sind:

- Ein Bauprodukt kann ohne Prüfung oder Berechnung auf den Markt gebracht werden, wenn davon ausgegangen werden kann, dass es einer bestimmten Leistungsklasse entspricht. Diese Leistungsklasse kann auch eine Brandschutzklasse sein, die teilweise schon lange geregelt ist [7].
- Ein Hersteller kann die Ergebnisse einer Prüfung an einem fremden Bautyp übernehmen, wenn das Produkt dem eigenen Bautyp entspricht. Dieses ‚sharing‘-Verfahren wird nach Erkenntnissen der EU-Kommission [8] etwa 10 % der Leistungserklärungen für Bauprodukte zu Grunde gelegt werden. Es ist wohl zurzeit kaum abschätzbar, in welchem Umfang dieses Verfahren für Brandschutzprodukte relevant werden wird.
- Die Ergebnisse einer Prüfung an einem fremden System aus Bauteilen, das entsprechend der Anleitung des System- oder Bauteileanbieters montiert wird, können für die eigene Leistungserklärung übernommen werden, wenn diese Bauteile beim eigenen Produkt verwendet werden. Das ist das ‚cascading‘-Verfahren, das nach Angaben der EU-Kommission [8] etwa 60 % der Leistungserklärungen für Bauprodukte zu Grunde gelegt werden kann. Erfahrungen gibt es dazu bereits. Sie betreffen vor allem Bauteile für die Außenhülle von Gebäuden (Fenster, Türen, Fassaden). Von dieser Regelung werden voraussichtlich auch Hersteller von Produkten mit Brandschutzeigenschaften profitieren können.

Die Sonderregelungen für Kleinstunternehmen (Art. 37) und für Sonderanfertigungen (Art. 38) dürften zu der beabsichtigten Minderung von Prüfkosten füh-

ren. Allerdings stellen sie faktisch eine Selbstdeklarierung dar, weil der Nachweis ohne Prüfung oder Berechnung von Leistungsstufen oder -klassen erbracht werden kann. Bei erhöhtem Nutzungsrisiko – das trifft oft für Bauprodukte mit Anforderungen an den Brandschutz zu – gelten die Sonderregelungen nur eingeschränkt. Das heißt, dass der Hersteller eine Produktzertifizierung benötigt. Einer Reduzierung der Prüfkosten stehen in diesem Fall Aufwendungen zur Beurteilung ihrer Gleichwertigkeit mit einer harmonisierten Spezifikation durch eine notifizierte Zertifizierungsstelle gegenüber. Ob diese Sonderregelung also bei Anforderungen an den Brandschutz zu einer Kostensenkung für die Unternehmen führt, bleibt abzuwarten.

Die EU-Kommission sieht die vereinfachten Verfahren und insbesondere den Art. 37 als den kompliziertesten der gesamten Verordnung an [8]. Sie betont, dass er auf jeden Fall einer Nacharbeit bedarf. Auch für die Diskussion, was denn nun eine ‚angemessene technische Dokumentation‘ (Art. 36) ist, bedarf es noch praktischer Erfahrungen. Dabei muss man jetzt schon darauf hinweisen, dass es heute bereits deutliche Unterschiede gibt, z.B. im Detaillierungsgrad von Prüfberichten und Zertifikaten. Schließlich fehlen noch Erfahrungen bei den Zertifizierungsstellen, die die ‚spezifische technische Dokumentation‘ von Kleinstunternehmen überprüfen sollen (Art. 37 und 38).

Welche Probleme mit der Anwendung der Sonderregelungen auftreten können soll an einem einfachen Beispiel verdeutlicht werden: Die Tabelle in Anlage 1 gilt für Wärmedämmstoffe nach DIN EN 13162 [9]. Deren Hersteller sind ganz überwiegend große Unternehmen, die selbstverständlich sehr genau wissen, ob sie zusätzliche Maßnahmen in der Produktion durchführen, um die in Spalte 3 angegebene Brandschutzklasse zu erreichen. Die Materialien werden teilweise als Halbzeuge ausgeliefert, um den Einbau in andere Bauprodukte zu erleichtern. Abnehmer solcher Wärmedämmstoffe können Kleinstunternehmen sein, z. B. Hersteller von Sandwichelementen nach DIN EN 14509 [10]. Vor einer CE-Kennzeichnung der Sandwichelemente muss die CE-Kennzeichnung des Lieferanten daraufhin überprüft werden, ob bei diesem das System 1. d. h. mit Einschaltung einer Produktzertifizierungsstelle zur Beurteilung ihrer Gleichwertigkeit mit einer harmonisierten Spezifikation) oder das System 3 (Selbstdeklaration) zur Anwendung kam bzw. ob im Produktionsprozess Brandhemmer hinzugefügt wurden. Diese Information nach Anlage 2 ist notwendig für die Entscheidung, ob für ein Sandwichelement für Außen- und Innenwände sowie für Dächer und Unterdecken, die Bestimmungen zum Brandverhalten unterliegen, das System 1 oder das System 3 anzuwenden ist.

Die vereinfachten Verfahren können noch eine ganz andere Konsequenz haben: Die Verwendung einzelner Prüfergebnisse als Grundlage für viele Leistungserklärungen führt dazu, dass sich die Wirkung singulärer Einzelfehler einer Prüfstelle viel stärker auf die Produktkennzeichnung auswirken, als das bislang der Fall war. Ein einfaches Beispiel ist ein Fehler bei der Einstufung in eine Brandschutzklasse. Eine für einen Hersteller fehlerhaft ermittelte günstigere Brandschutzklasse kann leicht ‚weiterverkauft‘ und dem Anwender implizit ein erhöhtes Nutzungsrisiko auferlegt werden. Das ist sicher eine der Ursachen für

die ‚Bauchschmerzen‘, die die EU-Kommission mit diesen Artikeln der Bauproduktenverordnung noch hat.

AKKREDITIERUNG UND NOTIFIZIERUNG VON PRÜF- UND ZERTIFIZIERUNGSSTELLEN

Zur Beantragung einer Notifizierung nach EU-BauPVO ist (faktisch) eine Akkreditierungsurkunde erforderlich. Diese Vorgabe erforderte kurzfristig eine Abstimmung der Deutschen Akkreditierungsstelle (DAkkS) mit dem Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) als notifizierender Stelle, um ein verlässliches und transparentes Verfahren für die Prüf- und Zertifizierungsstellen zu beschreiben. Zwischenzeitlich haben beide Institutionen eine gemeinsame Position erarbeitet und entsprechende Informationen zur Verfügung gestellt [11, 12]. Darin sind die Anforderungen aus der EU-BauPVO formuliert, die durch die Akkreditierung bislang nicht abgedeckt wurden. Für den Brandschutz betrifft das z. B. zwingende Nachweise zur Mitarbeit im europäischen Erfahrungsaustausch (z. B. über EGOLF) und zur Teilnahme an Rundversuchen.

Die Akkreditierung betrifft einerseits Prüftätigkeiten (System 3) auf der Grundlage von DIN EN ISO/IEC 17025 [13]. In der Urkunde einer Prüfstelle für das Brandverhalten können z. B. die Nichtbrennbarkeitsprüfung nach DIN EN ISO 1182 [14] und/oder Feuerwiderstandsprüfungen für Installationen nach DIN EN 1366-5 [15] enthalten sein. Zu den Prüftätigkeiten zählen auch Klassifizierungen, z. B. Klassifizierung mit den Ergebnissen aus Prüfungen von Bedachungen bei Beanspruchung durch Feuer von außen nach DIN EN 13501-5 [16].

Andererseits sind viele Stellen auch in der Zertifizierung (Systeme 1+, 1 und 2+) von Bauprodukten mit Brandschutzanforderungen aktiv. Das betrifft z. B. die Zertifizierung von Kabelabschottungen nach ETAG 026-2 [17] oder von natürlichen Rauch- und Wärmeabzugsgeräten nach EN 12101-2 [18]. Im Brandschutz spielt vor allem das System 1 eine Rolle. Auch hierfür ist zukünftig eine Akkreditierung auf der Grundlage der DIN EN 45011 [19] erforderlich; diese Norm wird demnächst durch die DIN EN ISO/IEC 17065 [20] abgelöst.

Eine der Besonderheiten der EU-BauPVO aus Sicht der Prüf- und Zertifizierungsstellen betrifft u. a. den Brandschutz. Ausgangspunkt ist folgende Überlegung: Ein essentieller Punkt der Beschreibung eines Bauproduktes in einer harmonisierten Norm ist selbstverständlich dessen Anwendungsbereich. Zur Beurteilung der Brandschutzeigenschaften ist die Anwendung hingegen oft unerheblich, denn die Ergebnisse sind meist unabhängig von den vorgesehenen Anwendungen – sie sind eben nicht produktspezifisch. Aus diesem Grund sieht die EU-Verordnung in ihrem Anhang V u. a. für die Merkmale

- Brandverhalten,
- Feuerbeständigkeit / Feuerwiderstand und
- Verhalten bei einem Brand von außen

vor, dass „die Angabe der Fundstelle einer einschlägigen harmonisierten technischen Spezifikation nicht erforderlich ist.“ Die Notifizierung von Prüfstellen soll in diesem Fall nicht wie üblich produktspezifisch bzw. ‚vertikal‘ sondern prüfverfahrensspezifisch bzw. ‚horizontal‘ erfolgen. Das könnte die Arbeit von Prüfstellen im Brandschutz auf der einen Seite erleichtern, weil sie sich nicht für eine ggf. sehr große Zahl an Produktnormen notifizieren lassen müssen. Auf der anderen Seite stellt sich das Akkreditierungsverfahren als schwieriger dar. Beispiele hierfür sind erweiterte Anwendungen (EXAP) und Klassifizierungen nach Tätigkeitsgebieten im Brandschutz. Die Umsetzung dieser Regelung ist weiterhin aktueller Diskussionsgegenstand in der EU-Kommission.

KONSEQUENZEN FÜR HERSTELLER UND PRÜFANSTALTEN

Es zeichnet sich derzeit eine Reihe von sehr verschiedenen Konsequenzen für die von der EU-BauPVO betroffenen Kreise ab:

1. Bislang sind – grob geschätzt – ca. 300 Stellen auf der Grundlage der Bauproduktenrichtlinie notifiziert. Wenn alle diese Organisationen einen ‚nahtlosen‘ Übergang von der Notifizierung nach der Bauproduktenrichtlinie auf die Notifizierung nach EU-BauPVO anstreben würden, müsste die aktuelle Zahl der Anträge auf Akkreditierung deutlich größer sein. Für das Phänomen, dass die Zahl eher geringer ist, gibt es einige spekulative Begründungen:

- Viele Stellen warten die endgültige politische Entscheidung über das Änderungsgesetz zum Bauproduktengesetz ab und stellen erst danach einen Antrag auf Akkreditierung. Wer sich so entscheidet muss allerdings damit rechnen, dass schon aus Zeitgründen kein nahtloser Übergang von einer Notifizierung auf die andere realistisch ist. Eine Bearbeitungszeit von unter einem Jahr wird von den am Akkreditierungs- bzw. Notifizierungsverfahren beteiligten Organisationen als kaum realistisch eingeschätzt.
- Viele Stellen mögen zu klein oder aus finanziellen bzw. organisatorischen Gründen nicht gewillt sein, den zusätzlichen Aufwand einer Akkreditierung zu stemmen. Wenn dieses Argument zuträfe, müsste mit einer deutlichen Reduzierung von notifizierten Stellen gerechnet werden.
- Eine Zusammenarbeit bzw. ein Zusammenschluss kleinerer Stellen könnte die Zahl der Anträge erheblich reduzieren. In diesem Fall würden z. B. mehrere Prüfstellen gemeinsam eine Zertifizierungsstelle betreiben, für die dann nur ein Antrag gestellt würde.

Wahrscheinlich wirken sich die drei genannten und ggf. auch weitere Gründe auf die Zahl der zukünftig nach EU-BauPVO notifizierten Stellen in Deutschland aus. Inwieweit die dargestellten Zusammenhänge für die Prüfung und Zertifizierung im Brandschutz relevant sind, ist noch nicht abschätzbar. Aber als Konsequenz ist davon auszugehen, dass sich einige Hersteller auf eine Zusammenarbeit mit anderen Partnern in Prüfung und Zertifizierung einstellen müssen

– zumindest zeitweise. Damit verbunden wären auch Änderungen bei den CE-Kennzeichnungen an den Produkten bzw. in den Begleitpapieren.

Die Kosten für eine Notifizierung mit Akkreditierungspflicht sind deutlich höher als das bislang der Fall war. Das betrifft nicht nur die internen und externen Aufwendungen für eine Erstakkreditierung; denn die Einhaltung der Akkreditierungskriterien wird regelmäßig auch extern überwacht. Insgesamt steigen damit die Betriebskosten für Prüf- und Zertifizierungsstellen. Das gilt übrigens auch für Organisationen, die schon längere Zeit über eine Akkreditierung verfügen, weil die Gebührensätze der Deutschen Akkreditierungsstelle signifikant über den Kostensätzen der vorherigen Anbieter liegen.

Vor dem Hintergrund einer voraussichtlichen Verringerung des Angebots einerseits und einer Erhöhung der Betriebskosten für notifizierte Stellen andererseits ist es sicher nicht spekulativ zu behaupten, dass es zu einer Anhebung des Preisniveaus für Nachweise nach EU-BauPVO im Vergleich zur Bauproduktenrichtlinie kommen wird. Für die ‚Marktakteure‘ können auch notwendige Wechsel der notifizierte Stellen zu zusätzlichen Aufwendungen führen. Sie sind für ihre mittelfristige Planung gut beraten, wenn sie Kontakt mit ‚ihren‘ Prüf- und Zertifizierungsstellen aufnehmen, um zu erfahren, ob sie die Zusammenarbeit mit ihnen auch nach dem 30.06.2013 in der gewohnten Form fortsetzen können.

Es gibt einen weiteren Trend, der die CE-Kennzeichnung zu Grundeer macht: Bauprodukte und ihre Anwendungen werden immer komplexer. Es ist nach Aussagen der EU-Kommission jetzt schon klar zu erkennen, dass der Rückgriff auf harmonisierte Normen tendenziell abnimmt, während die Zahl der erteilten Europäischen Technischen Zulassungen steigt. Dass ‚Einzelfallregelungen‘ üblicherweise teurer sind als standardisierte (d. h. genormte) Methoden, ist die eine Seite. Maßgeschneiderte Produkte können aber auch einen erheblichen Wettbewerbsvorteil darstellen.

Der Nachteil bei den Kosten kann für einige Hersteller ggf. durch einen Vorteil aufgewogen werden: Die Dokumente von akkreditierten Stellen können leichter auch außerhalb der EU verwendet werden. Die Akkreditierungen der DAkkS erfüllen die Anforderungen an ein ‚Multilateral Agreement‘ (MLA), das Dokumente weltweit akzeptabler macht.

Ein weiterer Vorteil ist sicher auch, dass die Grundlagen der Kompetenznachweise über Akkreditierungsverfahren deutlich transparenter sind als das bislang für Anerkennungen in bauaufsichtlichen Verfahren der Fall ist. Die neuen Verfahren sind auch konsequenter: Die Fachkompetenz muss regelmäßig und in eher kurzen zeitlichen Abständen nachgewiesen werden; das gab es in der bisherigen Form so nicht.

Insgesamt ergibt sich eine teilweise widersprüchliche Situation: Die vereinfachten Verfahren nach den Art. 36 bis 38 sollen kleine und mittlere Unternehmen, die in Verbindung zur Vermarktung von Bauprodukten stehen, finanziell

entlasten. Auf der anderen Seite werden die Betriebskosten vieler eher kleiner Unternehmen, die Prüfungen und Zertifizierungen anbieten, deutlich erhöht. Zudem ist der interne Nutzen einer Akkreditierung für kleine Organisationen relativ eng begrenzt. Tendenziell profitieren eher größere Organisationen aus den Maßnahmen zum Qualitätsmanagement als kleinere.

Für alle Beteiligten bleibt festzuhalten:

- Dokumente, die nach Bauproduktenrichtlinie erstellt wurden, werden ihre Gültigkeit auch nach Inkrafttreten der EU-BauPVO behalten (Art. 66).
- Die fachliche Bedeutung von Leitlinien für Europäische Technische Zulassungen (z.B. ETAG 018 [21], ETAG 026) als technische Regelwerke für Europäische Technische Bewertungen nach EU-BauPVO wird erhalten bleiben.
- Die Kommissionsentscheidungen zum Brandschutz sind weiterhin anwendbar (z. B. 96/603/EG ‚Bestimmung von Materialien, die ohne Prüfung in die Brandverhaltensklasse A (‚kein Beitrag zum Brand‘) einzustufen sind‘ [7] oder 2000/147/EG zur brandschutztechnischen Klassifizierung von Bauprodukten [22]).

Übrigens: In der Podiumsdiskussion im Rahmen der Konferenz zur EU-BauPVO am 25. Juni 2012 in Brüssel [8] wurden insbesondere Verfahrensfragen zum Thema Brandschutz (Brandverhalten/Feuerwiderstand von Bauprodukten) gestellt. Wir müssen uns wohl darauf einstellen, dass der Themenbereich ‚horizontale Notifizierung‘ von Stellen, die im Brandschutz tätig sind, weiterhin Gesprächsstoff bietet. Das betrifft nicht nur die Stellen selber, denn die Umsetzung von Diskussionsergebnissen geht auch die Hersteller, Vertreiber usw. was an.

Schließlich möchte ich Ihnen meine persönliche Meinung zur immer wieder auftauchenden Kritik an der Arbeitsweise notifizierter Stellen sagen: Bisher habe ich von den notifizierten Stellen als Partnern der ‚Marktakteure‘ gesprochen. Das wird von der EU-Kommission, von Industrieverbänden und auch von einzelnen Herstellern teilweise anders gesehen. Sie weisen immer wieder auf das gestörte Selbstverständnis dieser ‚unabhängigen Dritten‘ hin. Die Rügen bewegen sich in einem Bereich von willkürlicher Auslegung von Aussagen zum Prüfungsumfang in Technischen Spezifikationen über mangelnde Kooperationsbereitschaft bis hin zu Situationen, in denen sich notifizierte Stellen faktisch als zuständige marktüberwachende Behörde verhalten. Ein solches Verhalten verträgt sich nicht mit der Funktion, die die Stellen nach EU-BauPVO haben. Es widerspricht nicht nur ihrer Glaubwürdigkeit sondern teilweise auch ihrer Integrität als benannte Stelle. Sie sind verpflichtet, ihre Funktionen und Pflichten klar gegenüber anderen Tätigkeiten abzugrenzen und eigenwillige Interpretationen vorab im Erfahrungsaustausch der Stellen zu diskutieren. Wenn es diesbezüglich Ärger gibt, möchte ich Ihnen ein Tipp geben: Wenden Sie sich doch an das Lenkungsgremium der Zertifizierungsstelle, deren Arbeit Sie beanstanden. Es hat die Aufgabe, die Wahrnehmung der Pflichten der benannten Stellen zu kon-

trollieren und kann sich im Zweifelsfall direkt an die zuständige Akkreditierungsstelle wenden.

LITERATUR

- [1] Bernhard Schneider, Die neue EU-Bauproduktenverordnung der EU, Braunschweiger Brandschutztag 2012, 19./20. September 2012, Braunschweig
- [2] Verordnung (EU) Nr. 305/2011 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 09.03.2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates; Amtsblatt der Europäischen Union L 88/5 – 88/43 vom 04.04.2011
- [3] Musterbauordnung – MBO – Fassung November 2002, zuletzt geändert durch Beschluss der Bauministerkonferenz vom Oktober 2008
- [4] <http://ec.europa.eu/enterprise/newapproach/nando/>
- [5] DIN EN 13501-1:2010-01; Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten - Teil 1: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten
- [6] DIN 4102-1:1998-05; Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, Teil 1: Baustoffe, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen
- [7] Entscheidung der Kommission vom 04.10.1996 (96/603/EG) zur Festlegung eines Verzeichnisses von Produkten, die in die Kategorie A ‚Kein Beitrag zum Brand‘ gemäß der Entscheidung 94/611/EG zur Durchführung von Artikel 20 der Richtlinie 89/106/EWG des Rates über Bauprodukte einzustufen sind
- [8] http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/construction/legislation/cpr-conf-2012/index_en.htm
- [9] DIN EN 13162:2009-02; Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus Mineralwolle (MW) – Spezifikation
- [10] [DIN EN 14509:2007-02+A1:2009-04; Selbsttragende Sandwich-Elemente mit beidseitigen Metalldeckschichten – Werkmäßig hergestellte Produkte – Spezifikationen
- [11] Akkreditierungskriterien für Stellen, die an der Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit von Bauprodukten entsprechend Anhang V BauPVO (305/2011) beteiligt sind (Dokument Nr. 71 SD 1 018 vom 08. Mai 2012, erhältlich über: <http://www.dakks.de>)
- [12] Akkreditierungskriterien für Stellen, die an der Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit von Bauprodukten entsprechend Anhang V BauPVO (305/2011) beteiligt sind (Dokument Nr. 71 SD 1 019 vom 08. Mai 2012, erhältlich über: <http://www.dakks.de>)

- [13] DIN ISO/IEC 17025:2005-08, Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien
- [14] DIN ISO 1182:2010-10, Prüfungen zum Brandverhalten von Produkten – Nichtbrennbarkeitsprüfung
- [15] DIN EN 1366-5:2010-06, Feuerwiderstandsprüfungen für Installationen – Teil 5: Installationskanäle und -schächte
- [16] DIN EN 13501-5:2010-02, Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten – Teil 5: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus Prüfungen von Bedachungen bei Beanspruchung durch Feuer von außen
- [17] ETAG 026: Leitlinie für Brandschutzprodukte zum Abdichten und Verschließen von Fugen und Öffnungen und zum Aufhalten von Feuer im Brandfall, Teile 1 – 3 vom 07.10.2008
- [18] DIN EN 12101-2:2003-09; Rauch- und Wärmefreihaltung - Teil 2: Festlegungen für natürliche Rauch- und Wärmeabzugsgeräte
- [19] DIN EN 45011:1998-02, Allgemeine Anforderungen an Stellen, die Produktzertifizierungssysteme betreiben
- [20] DIN ISO/IEC 17065:2011-05 (Entwurf), Konformitätsbewertung – Anforderungen an Stellen, die Produkte, Prozesse und Dienstleistungen zertifizieren
- [21] ETAG 018: Leitlinie für die europäische technische Zulassung für Brandschutzprodukte, Teile 1 und 4 vom 23.06.2005, Teile 2 und 3 vom 15.12.2006
- [22] Entscheidung der Kommission vom 08.02.2000 (2000/147/EG) zur Durchführung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates im Hinblick auf die Klassifizierung des Brandverhaltens von Bauprodukten

Anlage 1

Tabelle 1 Systeme zur Konformitätsbescheinigung nach Tabelle ZA.2 von EN 13162 [] Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus Mineralwolle

Produkt(e)	Vorgesehene(r) Verwendungszweck(e)	Stufe(n) oder Klasse(n) (Brandverhalten)	System(e) der Konformitätsbescheinigung
Wärmedämmstoffe (werkmäßig hergestellte Produkte)	Für Verwendungen, die Brandverhaltensvorschriften unterliegen	(A1, A2, B, C) ^a	1
		(A1, A2, B, C) ^b , D, E	3
		(A1 bis E) ^c , F	3 (mit 4 für Brandverhalten)
	Alle	—	3
System 1: Siehe BPR, Anhang III.2.(i), ohne Stichprobenprüfung. System 3: Siehe BPR, Anhang III.2.(ii), zweite Möglichkeit. System 4: Siehe BPR, Anhang III.2.(ii), dritte Möglichkeit.			
^a Produkte/Materialien, bei denen eine eindeutig bestimmbare Maßnahme im Produktionsprozess zu einer Verbesserung der Brandklasse führt (z. B. brandhemmende Zusätze oder die Begrenzung organischer Stoffe). ^b Produkte/Materialien, für die Fußnote a nicht gilt. ^c Produkte/Materialien, bei denen keine Prüfung des Brandverhaltens erforderlich ist (z. B. Produkte/Materialien der Klasse A1 nach der Entscheidung 96/603/EG in der geänderten Fassung).			

Tabelle 2: Auszug aus EN 14509 (Tabelle ZA.2): Systeme zur Konformitätsbescheinigung für selbsttragende Sandwich-Elemente mit beidseitigen Metaldeckschichten

Produkt	Vorgesehene(r) Verwendungszweck(e)	Vorgesehene Anwendung Stufen oder Klassen	Systeme der Konformitätsbe- scheinigung
Werkmäßig hergestellte Sandwich- elemente	Außenwände und Dächer sowie Innenwände und Unterdecken, die Bestimmungen zum Brandverhalten unterliegen	A1*, A2*, B* und C*	1
		A1**, A2**, B**, C**, D und E	3
		F	4
	Außenwände und Dächer sowie Innenwände und Unterdecken, die Bestimmungen zum Feuerwiderstand unterliegen	Siehe EN 13501-2	3
	Außen liegende Dachflächen, die Bestimmungen zum Verhalten bei Beanspruchung durch Feuer von außen unterliegen, außer CWFT	Siehe EN 13501-5	3
* Produkte/Werkstoffe, bei denen eine eindeutig identifizierbare Stufe im Produktionsprozess (z. B. die Zugabe von Brandverzögerungsmitteln oder die Beschränkung des Gehalts an organischem Material) zu einer Verbesserung der Klassifizierung des Brandverhaltens führt. ** Produkte/Werkstoffe, für die Fußnote (*) nicht gilt.			

NEUERUNGEN BEI DER BRANDSCHUTZTECHNISCHEN ERTÜCHTIGUNG VON BESTANDSDECKEN

Thorsten Mittmann

Materialprüfanstalt für das Bauwesen, Braunschweig

EINLEITUNG

Bei Sanierungen und Umnutzungen von bestehenden Gebäuden werden Planer und Ausführende mit einer Vielzahl von Aufgabenstellungen konfrontiert. Während bei neueren Gebäuden Unterlagen meist vorhanden sind bzw. die wesentlichen Konstruktionsparameter mit einigermaßen wirtschaftlichem Aufwand bestimmbar sind, trifft man bei „historischen Konstruktionen“ insbesondere aus der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts und 1. Hälfte des 20. Jahrhunderts häufig auf Überraschungen. Ein Grund hierfür mag sein, dass die Gebühren für den Einsatz einer standardisierten Decke gespart werden sollten und so immer neue Deckenkonstruktionen entworfen wurden [1].

Gemeinsam ist diesen Deckenkonstruktionen, dass der Feuerwiderstand meist nicht eindeutig bestimmbar ist, oder die heute erforderliche Feuerwiderstandsklasse auf der Grundlage der vorliegenden Verwendbarkeitsnachweise oder der technischen Baubestimmungen nicht erreicht wird.

Hier sind dann Ertüchtigungsmaßnahmen erforderlich. In diesem Beitrag sollen Neuerungen, die es auf diesem Gebiet gibt, aufgezeigt und beschrieben werden.

ERTÜCHTIGUNGEN VON BESTANDSDECKEN

Grundsätzlich ist auf dem Markt eine Vielzahl an Ertüchtigungsmöglichkeiten für bestehende Deckenkonstruktionen vorhanden.

Die gängigsten Varianten bestehen z.B. aus

- Unterdeckensystemen (auch als Bekleidung) oder
- Putzsystemen (Spritzputz),

mit denen Deckenkonstruktionen auf den heute erforderlichen Feuerwiderstand ertüchtigt werden können. Die Nachweise werden im Regelfall über allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnisse (abP) oder allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen (abZ) geführt. Bei wesentlichen Abweichungen vom Anwendungsbereich dieser bauaufsichtlichen Nachweise sind ggf. auch Zustimmungen im Einzelfall (ZiE) erforderlich.

Eine wesentliche Aufgabenstellung in bestehenden Gebäuden ist häufig, dass die lichte Raumhöhe nach der Ertüchtigung nicht wesentlich reduziert sein soll.

Hier liegt der Vorteil bei den Spritzputzsystemen, da diese im Regelfall nur eine geringe Auftragsstärke erfordern. Bei den Unterdeckensystemen sind Abhängkonstruktionen mit einer definierten Mindestabhänghöhe zum Erreichen einer Feuerwiderstandsklasse brandschutztechnisch erforderlich.

Diese Mindestabhänghöhe zu minimieren und einen den heutigen Vorgaben entsprechenden brandschutztechnischen Nachweis zu erhalten, war die Zielstellung einer Versuchsserie, über die im Folgenden berichtet werden soll.

NACHWEIS VON UNTERDECKENSYSTEMEN

Historisch gewachsen ist in Deutschland der Nachweis von Unterdeckensystemen über Prüfungen nach DIN 4102-2 [2]. Dabei dient die Prüfung zur brandschutztechnischen Verbesserung der Rohdecke sowie, bei entsprechenden Prüfergebnissen, auch als Nachweis der Unterdecke allein ohne Berücksichtigung einer darüber liegenden Rohdecke.

Um einen größtmöglichen Anwendungsbereich der Prüfergebnisse zu ermöglichen, wurden in DIN 4102-2 vier unterschiedliche Deckentypen als „Referenzdecken“ definiert, die als brandschutztechnisch besonders kritisch anzusehen sind:

- Stahlträgerdecke mit Abdeckung aus Porenbeton,
- Stahlträgerdecke mit Abdeckung aus Stahlbeton,
- Stahlbeton oder Spannbetondecke,
- Holzbalkendecken.

In DIN 4102-4 [3] werden die ersten drei Deckenkonstruktionen als Deckenbauarten I bis III definiert. Die Holzbalkendecke hat, der Logik folgend, die Bezeichnung „Deckenbauart IV“ zugewiesen bekommen.

Prüfungen an Unterdeckenkonstruktionen der Deckenbauart I können bei Einhaltung der Leistungskriterien direkt auf der Unterdeckenkonstruktion auch als Basis für eine Klassifizierung der „Unterdecke allein“ herangezogen werden.

Auf Bild 1 wird exemplarisch gezeigt, wie dieser Prüfaufbau für die Stahlträgerdecken aussieht.

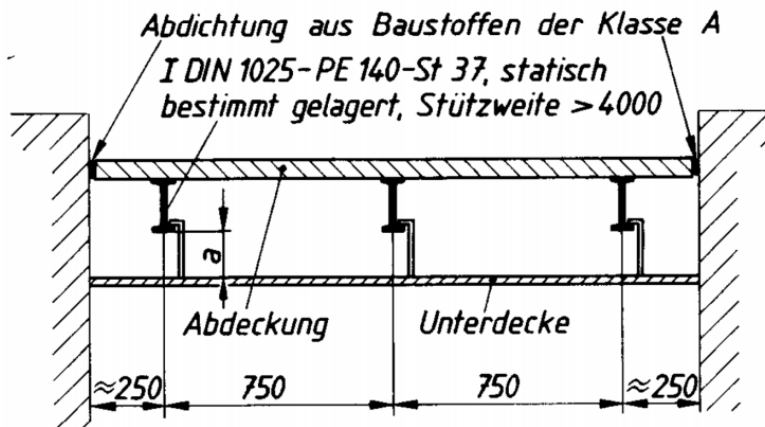


Bild 4. Stahlträgerdecke

Bild 1 Prüfaufbau Stahlträgerdecke aus DIN 4102-2

In DIN 4102-2 sind weiterhin Übertragungsregeln enthalten, die es z. B. ermöglichen, Ergebnisse von Stahlträgerdecken unter Einhaltung gewisser Temperaturkriterien an dem Stahlträgerunterflansch auf Holzbalkendecken anzuwenden.

Die vorbeschriebene Deckenbauart I ist die brandschutztechnisch ungünstigste Deckenbauart, da durch den Porenbeton oberhalb der Stahlträger die schnellste Erwärmung des Deckenhohlraums erfolgt. Bei den Deckenbauarten II und III liegen deutlich günstigere Randbedingungen vor.

Wesentliche brandschutztechnische Parameter bei den Prüfungen sind daher:

- die Art der oberen Abdeckung (Porenbeton / Stahlbeton),
- die Abhängehöhe a sowie
- die Dicke des Bekleidungsmaterials bzw. der Unterdeckenplatten.

Während der Prüfung wird die Rohdecke durch eine Auflast belastet. Hierbei werden die Stahlträger als tragendes Element angesetzt und sind entsprechend der maximalen Tragfähigkeit für den Brandfall auszulasten.

Bei den Prüfungen von Unterdecken in Verbindung mit den Rohdecken handelt es sich daher eher um den Nachweis der brandschutztechnischen Schutzfunktion einer unbelüfteten Bekleidung von Stahl-, Beton- oder Holzbauteilen. Ein ähnlicher Ansatz zur erweiterten Anwendung der Prüfergebnisse wurde auch in die europäischen Prüfnormen überführt. Mittlerweile wurde dieser Ansatz fortgeschrieben und liegt zurzeit als Norm-Entwurf zu EN 13381-1 [4] vor.

Um einen Bezug auf bestehende Deckenkonstruktionen zu erhalten, wurden in der Vergangenheit Gutachten erstellt, in denen die wesentlichen Konstruktionsrandbedingungen der Bestandsdecken den Konstruktionsgrundsätzen der geprüften Decken gegenüber gestellt wurden. Dabei erfolgte eine Einstufung der

historischen Decken in eine entsprechende Deckenbauart I bis III. Die dann z. B. in dem allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnis oder in DIN 4102-4 enthaltenen Konstruktionsgrundsätze konnten auf die Ertüchtigung der Bestandsdeckenkonstruktion übertragen werden, da dieses formal als „nicht wesentliche“ Abweichung von dem jeweiligen Verwendbarkeitsnachweis oder von der technischen Baubestimmung DIN 4102-4 bewertet werden kann.

Wie in Bild 1 zu erkennen, ist der Abhängeabstand a als Distanz zwischen Unterkante Träger und Oberkante Unterdeckenkonstruktion definiert. Da in der Praxis häufig nur eine geringe lichte Raumhöhe vorhanden ist, wird angestrebt diesen Abstand zu minimieren. Weiterhin kann es erforderlich sein, die Befestigungsabstände zu reduzieren, sodass eine Befestigung (in der Prüfung) in der Rohdecke erfolgen müsste. Aus prüftechnischen Gründen erfolgt die Befestigung allerdings in der Regel durch eine Unterkonstruktion auf Höhe der Stahlträgerunterflansche, um die geringeren Befestigungsabstände zu realisieren. In den Prüfzeugnissen wurde dann auf Befestigungsregeln entsprechend DIN 4102-4 verwiesen, die im Wesentlichen besagen, dass entweder brandschutztechnisch nachgewiesene Dübel oder Stahldübel mit Zulassung und einer entsprechenden Mindesteinbautiefe, bzw. mit doppelter Einbautiefe als im Zulassungsbescheid gefordert, verwendet werden müssen.

Mit der Verringerung der Abhängehöhe geht im Regelfall eine Vergrößerung der Plattendicke einher, da der unbelüftete Deckenhohlraum kleiner wird und sich somit schneller erwärmt. Somit werden die Unterkonstruktion, Befestigungsmittel wie auch die tragenden Stahlträger stärker thermisch beansprucht.

Wenn die Bestandsdeckenkonstruktion nun aber nicht über eine „Rippenstruktur“, wie in DIN 4102-2 dargestellt, verfügt, stellt sich die Frage, wie ein bauaufsichtlicher Nachweis für Flachdeckenkonstruktionen erhalten werden kann. Genau diese Fragestellung wurde an die MPA Braunschweig herangetragen und führte zu dem im Folgenden beschriebenen Prüfansätzen.

Nachweis ebene Deckenuntersicht

Basis der Überlegungen waren die Deckenkonstruktionen, die in DIN 4102-2 vorgegeben sind. Es ist bekannt, dass die Konstruktion mit einer Porenbetonabdeckung die brandschutztechnisch kritische Konstruktion darstellt. Bei Verwendung einer solchen Abdeckung bei Prüfungen nach DIN 4102-2 kann die kritische Stahltemperatur von 500°C in einer Prüfung ca. 50 bis 70 Minuten eher erreicht werden als bei einer Verwendung von Stahlbeton als obere Abdeckung [5].

Um weiterhin eine hohe Last auf der Decke aufbringen zu können, wurde die Porenbetonebene von der Deckenoberseite zwischen die Stahlträger der Decke verlagert. Dafür wurden Porenbetonsteine verwendet, die hinsichtlich der Höhe passgenau zwischen die Flansche der IPE 140-Stahlträger eingefügt werden konnten. Die Unterdeckenkonstruktion wurde dann mit Direktabhängern an den Porenbetonsteinen befestigt.

Unterhalb dieser Deckenkonstruktion wurde die Unterdeckenkonstruktion mit minimalem Abstand zu den Unterflanschen der Stahlträger eingebaut.

In Bild 2 ist der schematische Querschnitt einer der geprüften Deckenkonstruktionen dargestellt.

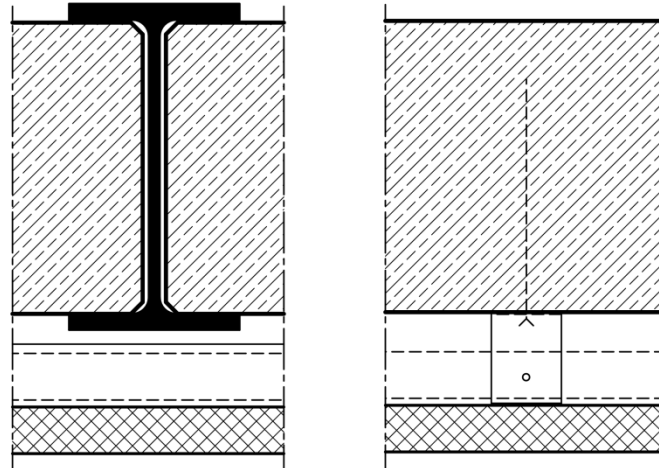


Bild 2: Querschnitt einer Massivdecke mit Porenbeton zwischen den Stahlträgern (Quelle: Promat GmbH, Ratingen)

Der Stahlträger wurde mit einer Gesamtlast beansprucht, die 60 % des Bemessungswertes der plastischen Momententragfähigkeit $M_{pl,y,d}$ des Trägerquerschnitts nach DIN 18 800 [6] entsprach. Das Biegemoment im plastischen Zustand wurde gemäß DIN 18 800 mit einem plastischen Formbeiwert $\alpha_{pl,y} = 1,14$ ermittelt. Der Sicherheitsbeiwert zur Ermittlung der Momententragfähigkeit auf Materialseite γ_m wurde zu 1,0 angesetzt und folgte damit den Vorgaben, die in europäischen Prüfnormen für Brandschutzmaßnahmen für Stahlträger vorgegeben sind. Die Auflagerung der gesamten Deckenkonstruktion erfolgte statisch bestimmt. Die Lasteinleitung erfolgte je Träger an 4 Punkten, um eine ausreichende Länge mit maximaler Zugspannung und maximaler Durchbiegung in Deckenmitte zu erhalten.

Die Form der Lasteinleitung bei dieser Deckenkonstruktion ist aus dem folgenden Bild 3 zu ersehen. Deutlich zu erkennen ist auch die Durchbiegung, die bei einem solchen Versuch aufgetreten ist.



Bild 3: Lasteinleitung bei der Massivdeckenkonstruktion (nach dem Brandversuch)

Das Ergebnis war sehr positiv. Es konnte gezeigt werden, dass mit dem Unterdeckensystem bestehend aus einer 20 mm dicken „PROMAXON-Brandschutzbauplatte, Typ A“ der Firma Promat GmbH, Ratingen, eine Feuerwiderstandsdauer von deutlich über 90 Minuten erreicht wurde. Die erfolgreich geprüfte Bekleidungsstärke entsprach auch exakt der Angabe, die in einem älteren allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnis für bestehende Deckenkonstruktionen, die der Deckenbauart I zugeordnet werden können, mit diesem Plattenwerkstoff bereits gutachterlich durch die MPA Braunschweig beurteilt wurde.

Da der Nachweis mit Porenbetonsteinen zwischen den Stahlträgern erbracht wurde, kann davon ausgegangen werden, dass bei einer Füllung zwischen den Flanschen aus Leichtbeton oder Beton mit gleicher Dicke vergleichbare oder bessere Ergebnisse erzielt werden können. Beachtet werden muss allerdings dabei, dass es sich bei der geprüften Decke nicht mehr um eine Deckenbauart I entsprechend DIN 4102-2 handelt, sodass die dort vorhandenen möglichen Extrapolationen nicht unmittelbar angewendet werden können. Da es sich im vorliegenden Fall um eine Ergänzungsprüfung handelte, war dieses allerdings nicht von so großer Bedeutung, da die prinzipiellen Nachweise nach der Prüfnorm DIN 4102-2 bereits vorliegen.

Nachweis „Hohlsteine“

Da in Bestandsbauten in Deckenkonstruktionen häufig Steine mit Hohlräumen verwendet wurden, bestand der Wunsch nach einem Nachweis eines Gesamtsystems für eine Unterdeckenkonstruktion, die sich durch eine minimale Ab-

hängenhöhe und eine Befestigungsmöglichkeit auch in den Hohlkammern der Steine auszeichnen sollte.

Auslöser für diese erweiterte Versuchsserie war ein Sanierungsobjekt, bei dem zum einen der konstruktive Aufbau der Deckenkonstruktion durch Teilabriss sehr exakt ermittelt werden konnte und zum anderen für die Sanierung Steine neu hergestellt wurden, sodass sich die Möglichkeit ergab, eine entsprechende Anzahl von Steinen für einen Normbrandversuch zu erhalten.

Bei der Deckenkonstruktion handelte es sich um eine sogenannte „Kleinesche“-Decke, die einen Vertreter der Steineisendecke darstellt. Bei dieser handelt es sich um „eine der ältesten, einfachsten und billigsten Decken“ [1]. Bei dieser wird zwischen Stahlträgern ein horizontales Mauerwerk im Verband errichtet. Rechtwinklig zur Spannrichtung der Stahlträger wird in den Mörtelfugen eine Bewehrung entweder aus Flachstahl oder aus Bewehrungsseisen eingelegt.

In Bild 4 ist eine typische Form der „Kleineschen Decke dargestellt.

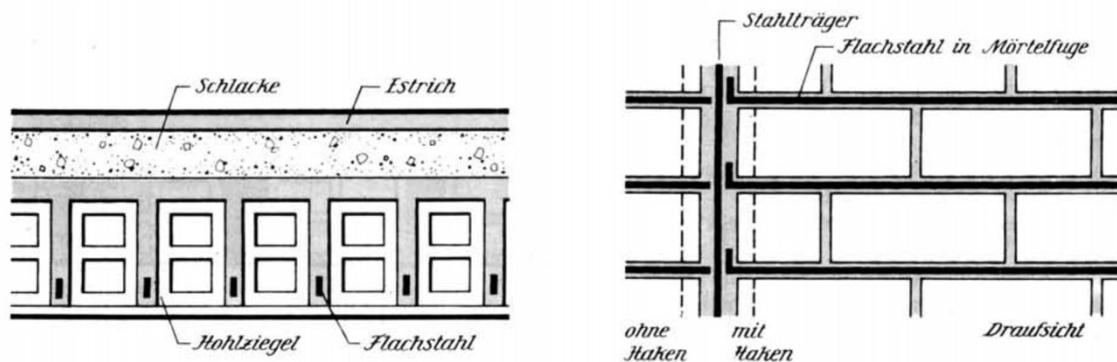


Bild 4 Beispiel für eine „Kleinesche Decke“ (Vertikal- und Horizontalschnitt) (entnommen aus: [1])

Auf Basis dieser Angaben wurden Versuchsdecken geplant. Dabei kamen neben den Flacheisen auch Rundstähle zum Einsatz, da sich hier der gesamte Stahlquerschnitt näher an der erwärmten Deckenunterseite befindet und so ggf. schneller seine kritische Temperatur erreicht als ein Flachstahl. Weiterhin wurde auch eine Variante geprüft, bei der nur jede zweite Bewehrungsfuge mit einer Stahlbewehrung versehen wurde.

Hinsichtlich der Befestigungsart wurden ebenfalls unterschiedliche Ausführungsvarianten untersucht. Dabei kamen direkt auf Plattenstreifen an der Decke befestigte Bekleidungen und über Direktabhängen abgehängte Unterdeckenkonstruktionen zum Einsatz.

Ein Beispiel des Querschnittes für die neu aufgebaute Deckenkonstruktion ist auf dem nachfolgenden Bild 5 dargestellt.

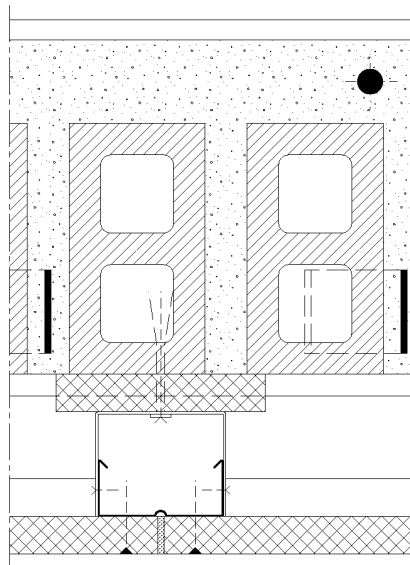


Bild 5 Querschnitt einer Versuchsdecke (Quelle: Promat GmbH, Ratingen)

Als Dübel zur Befestigung der Unterkonstruktion der Unterdecke wurden Langschaftdübel SXR 10 x 80 T bzw. SXR 10 x 60 FUS der Firma Fischer gewählt. Dabei handelt es sich um Kunststoffdübel, sodass ein zusätzlicher Schutz gegen die Temperaturbeanspruchung gefunden werden musste. Um im System zu bleiben, wurde ein Plattenstreifen, der auch zur direkten Befestigung der Bekleidung diente bzw. bei der abgehängten Variante wurde ein zusätzlich angeordnetes 100 mm x 100 mm großes Plattenstück aus dem Unterdeckenmaterial gewählt.

Da durch Verwendung von Beton bei den Deckenkonstruktionen das Temperaturverhalten durch die Feuchtigkeit positiv beeinflusst werden kann, mussten die Deckenkonstruktionen außerhalb des Brandofens vorbereitet werden. Nach einer Trocknungszeit von mehreren Monaten wurde dann die Decke auf den Brandofen aufgelegt. Die erforderlichen Transportsicherungen wurden entfernt, sodass die Decke als statisch bestimmt gelagertes Bauteil geprüft werden konnte.

Die Bemessung der Konstruktion stellte eine weitere Herausforderung dar. Wie schon zum Nachweis der Unterdecken beschrieben, handelt es sich bei den Normprüfungen nach z. B. DIN 4102-2 eigentlich um eine Stahlträgerprüfung, d. h. die Belastung wird entsprechend der Tragfähigkeit der Träger bemessen. Im vorliegenden Fall stellen jedoch die Flächen zwischen den Stahlträgern die maßgebende Bemessungsgröße dar, da hier die Ziegel sowie der Aufbeton die Druckkräfte und die Flachstäbe bzw. die Bewehrungseisen die Zugkräfte aufnehmen müssen. Weiterhin kann das Querkraftversagen im Auflagerbereich der Deckenfüllung zwischen den Stahlträgerflanschen maßgebend werden.

Daher wurde die Bemessung der Deckenkonstruktionen durch ein Ingenieurbüro durchgeführt. Die Aufbetonschicht wurde minimal gewählt, um eine Aussage

zum Wärmedurchgang im Brandfall durch die gesamte Deckenkonstruktion zu erhalten. Hierdurch verschiebt sich die „Nulllinie“ in den Stein, was auch bei der Bemessung berücksichtigt werden muss.

Auf Basis der Berechnungen für die Deckenkonstruktion, die durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurden, erfolgte die Lasteinleitung in den Feldern zwischen den Stahlträgern an 8 Punkten. Um eine flächige Lasteinleitung zu simulieren, wurden zusätzlich Lastverteilerplatten angeordnet um so ein „Herausstanzen“ der Ziegel aus der Deckenebene zu verhindern.

Auf Bild 6 ist die Lasteinleitung bei einer der Prüfungen an der „Kleineschen Decke“ während des Brandversuchs zu sehen.



Bild 6 Lasteinleitung während einer Brandprüfung an der „Kleineschen Decke“

Auch diese Versuchsreihe verlief sehr positiv. Gegenüber den zunächst angestrebten Werten konnte die Bekleidungsdicke reduziert werden.

Aufgrund der sehr guten Ergebnisse wurde ein weiterer Versuch ohne jegliche Bekleidung an der Deckenunterseite durchgeführt, um festzustellen, welche Feuerwiderstandsdauer mit einer brandschutztechnisch nicht geschützten Decke erzielt werden kann.

Der Versuchsablauf war deutlich kritischer. Durch die Erwärmung der freiliegenden Stahlträgerunterflansche wurde eine so starke Verformung der Deckenkonstruktion hervorgerufen, dass nach der 30. Minute der Versuch abgebrochen wurde, da die Deckendurchbiegung in Feldmitte das Kriterium $L/30$ überschritten hatte und sich die Decke (trotz Freiraum zur ungehinderten Verformung) von den Auflagern abhob und sich auf dem Ofenmauerwerk abstützte.

In Bild 7 ist das Versuchsende zu sehen. Die Decke zeigt im Vergleich zu Bild 6 eine deutliche Deckendurchbiegung.



Bild 7 Lasteinleitung während einer Brandprüfung an der „Kleineschen Decke“ ohne Bekleidung auf der Unterseite der Decke

Dieses Ergebnis ähnelte dem Ergebnis für eine vergleichbare Deckenkonstruktion, das bei Brandversuchen in den Jahren 1935 – 1936 erzielt wurde [7].

Wenn man die weiteren Konstruktionsparameter der Unterdeckenkonstruktionen wie Plattenspannweite, Spannweite der Unterkonstruktion, Fugenabdeckung usw. außer Acht lässt und sich bei einer abgehängten Unterdeckenkonstruktion nur auf Deckenbauart, Bekleidungsdicke und Abhängenhöhe konzentriert, erhält man im Vergleich zu den bereits in einem allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnis für eine vergleichbare Konstruktion enthaltenen Angaben das folgende in Tabelle 1 dargestellte Ergebnis. Dabei stammen die in den Zeilen 1 bis 3 beschriebenen Werte aus den neueren Versuchen und die Zeilen 4 bis 7 aus den bisher in einem allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnis enthaltenen Daten. Die Feuerwiderstandsdauer wurde auf Klassifizierungszeiten reduziert und nicht als tatsächlich erreichte Feuerwiderstandsdauer angegeben.

Unter der Voraussetzung, dass die „Kleinesche Decke“ als Deckenbauart II einzustufen ist (in Analogie zu bisherigen gutachterlichen Stellungnahmen) ist in der Tabelle 1 zu erkennen, dass die frühere gutachterliche Bewertung der Direktbefestigung entsprechend Zeile 7 sehr gut zu den tatsächlich prüftechnisch nachgewiesenen Feuerwiderstandsdauern entsprechend Zeile 1 und Zeile 2 passt.

Tabelle 1 Zusammenstellung der neuen Prüfergebnisse mit bisherigen Prüfergebnissen und gutachterlichen Bewertungen

Zeile	Plattendicke	Deckenbauart	Abhängehöhe	klassifizierte Feuerwiderstandsdauer
1	20 mm	Stahlträger und Porenbeton	34 mm	90
2	18 mm	Kleinsche Decke	40 mm	90
3	12 mm	Kleinsche Decke	40 mm	60
4	20 mm	Deckenbauart I	140 mm	90
5	10 mm	Deckenbauart II	140 mm	90
6	10 mm	Deckenbauart III	140 mm	90
7	20 mm	Bestandsdecken, eingeordnet als Deckenbauart II	0	90

ZUSAMMENFASSUNG

In dem vorliegenden Beitrag wurde über Neuerungen bei der Ertüchtigung von Bestandsdeckenkonstruktionen berichtet. Dabei wurde das Vorgehen zur Erlangung allgemeiner bauaufsichtlicher Verwendbarkeitsnachweise beschrieben. Aufgrund der fehlenden Extrapolationsregeln für die Befestigung an Decken mit ebener Deckenunterseite wurde über neuere Brandversuche berichtet, mit denen der Nachweis zum einen von Unterdeckenkonstruktionen zur brandschutztechnischen Ertüchtigung von Flachdecken und zum anderen von Befestigungsmitteln in Hohlsteinen als Bestandteil einer Unterdeckenkonstruktion erfolgen sollte. Dabei sollte so nah wie möglich an den brandschutztechnisch kritischen Prüfrandbedingungen festgehalten werden. Die Versuchsreihe zeigte aber auch, dass die Ergebnisse von Normbrandprüfungen in der Regel deutlich auf der sicheren Seite liegen. Im vorliegenden Fall konnte durch die spezifische Prüfung eines Bauteils gezeigt werden, dass durch das Abwandeln der Randbedingungen (in diesem Fall maßgeblich die Reduzierung der Last aufgrund der Konstruktionsrandbedingungen für den gewählten Rohdeckentyp) deutlich günstigere Ergebnisse für eine Konstruktion erzielt werden können. Dabei wurde der Einfluss der Einbaurandbedingungen auf ein möglichst geringes Maß reduziert.

Die Ergebnisse bestätigen im vorliegenden Fall aber auch bisher erfolgte gutachterliche Bewertungen auf Basis einer Vielzahl von Versuchen eines Plattenmaterials in verschiedenen Konstruktionen. Dieses kann naturgemäß nicht pauschal für weitere Konstruktionen erfolgen. Das Vorgehen zur Erlangung eines bauaufsichtlichen Nachweises zeigt allerdings auch, dass zum prüftechnischen Nachweis baupraktisch relevanter Details ein im Vergleich zu frühen Zeiten deutlich höherer Aufwand betrieben werden muss. Allerdings ist dieses auch im Rahmen von europäischen Produktnormen ähnlich, da diese meistens ebenfalls keine oder nur sehr begrenzte gutachterliche Bewertungen zulassen. Daher müssen sich wahrscheinlich alle Beteiligten (Hersteller wie auch Prüfinstitutionen) auf deutlich komplexere Prüfprogramme und Prüfaufbauten in der Zukunft einstellen.

LITERATUR

- [1] Mehmel, Ulrike: Lehrstuhl Bautechnikgeschichte: Typische Altbaukonstruktionen I, Tragwerke in Eisen und Stahl, Decken mit Stahlträgern. Mai 2001
- [2] DIN 4102-2 : 1977-09: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Bauteile, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen
- [3] DIN 4102-4 : 1994-03: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile
- [4] DIN EN 13381-1 : 2011: Prüfverfahren zur Bestimmung des Beitrages zum Feuerwiderstand von tragenden Bauteilen - Teil 1: Horizontal angeordnete Brandschutzbekleidungen
- [5] Meyer-Ottens, Claus: Brandverhalten von Bauteilen, Teil 1; DIN 4102 Teil 2 und ergänzende Bestimmungen mit Erläuterungen und Beispielen aus DIN 4102 Teil 4, 1981
- [6] DIN 18 800 : 2008-11: Stahlbauten - Teil 1: Bemessung und Konstruktion
- [7] Kristen, Theodor; Herrmann, Martin; Wedler, Bernhard: Brandversuche mit belasteten Eisenbetonbauteilen und Steineisendecken. Teil 1: Decken. Deutscher Ausschuss für Eisenbeton; Heft 89, 1938

ANLAGENTECHNISCHE BEITRÄGE ZUR UNTERSTÜTZUNG DER EVAKUIERUNG VON GEBÄUDEN IM BRANDFALL

Sebastian Festag und Heinrich Herbst
Hekatron Vertriebs GmbH, Sulzburg

EINLEITUNG

Der Brandschutz befasst sich mit Risiken durch Brände bzw. ähnlich gearteten Phänomenen und verfolgt u. a. das Ziel, Menschen vor diesen Risiken zu schützen. Ein Teilgebiet des Brandschutzes setzt sich mit der Evakuierung von Gebäuden auseinander. Der Begriff Evakuierung wird bis auf das 16. Jh. zurückgeführt und leitet sich aus dem Lateinischen *ēvacuāre* ab [1]. Von einer Evakuierung wird gesprochen, wenn ein Gebiet oder Gebäude etc. aufgrund einer Gefahr geräumt bzw. von schützenswerten Gütern (Menschen etc.) befreit wird (vgl. [2], siehe auch [3]).

Zur Unterstützung der Evakuierung stehen unterschiedliche Maßnahmen zur Verfügung, die sich gegenseitig zum Teil ergänzen oder aufheben können. Eine Option zur Unterstützung der Evakuierung stellen Anlagentechniken dar, wobei Technik nach SACHSSE [4] im Allgemeinen als *eine Weise des Vorgehens bzw. eine besondere Form des Handelns* bezeichnet wird. Das charakteristische der Technik liegt darin, dass über einen Umweg, das Ziel leichter erreicht wird, als auf dem direkten Weg. Dabei werden Maßnahmen, Mittel oder Methoden verwendet, die dem Vorgang zwischengeschaltet werden. Damit ist unter Technik auch der *besondere Pinselstrich eines Malers* oder *die Atemtechnik eines Sängers* [4] zu verstehen. Der Begriff Technik geht also über Produkte, Maschinen, Anlagen, Geräte etc. hinaus. Dieser Situation wird im Brandschutz Rechnung getragen, indem von Anlagentechnik gesprochen wird, also eine Spezifizierung der Art der Technik bzw. des Umwegs.

Anlagentechnische Maßnahmen zur Unterstützung der Evakuierung verfolgen im Brandfall vor allem das Ziel, die Selbstrettung zu optimieren, da hier insbesondere bei Sonderbauten eine Fremddrettung nicht immer gewährleistet werden kann [5]. Verstärkt wird die Situation durch die Zunahme an komplizierten Gebäudestrukturen, ausgelöst durch eine politisch angestrebte Reduzierung des täglichen Flächenverbrauchs (in Baden-Württemberg auf 3 ha/Tag bis zum Jahre 2020, also um etwa 75 % [6]).

Der vorliegende Beitrag beschränkt sich auf den Bereich der anlagentechnischen Maßnahmen zur Unterstützung der Evakuierung (Evakuierungstechniken) und bezieht sich auf Brandgefahren. Der Beitrag vertieft das Thema der dynamischen Fluchtweglenkung.

RISIKOKONTEXT

Der Verlauf eines Brandes hängt von vielen Faktoren ab, weshalb jeder Brand als Einzelfall zu betrachten ist. Einige Unschärfen in Kauf nehmend – damit stark vereinfacht und geglättet – wird Bränden im Allgemeinen die in Bild 1 dargestellte zeitliche Funktion unterstellt, auf die sich die einzelnen Handlungsbereiche der Evakuierung beziehen.

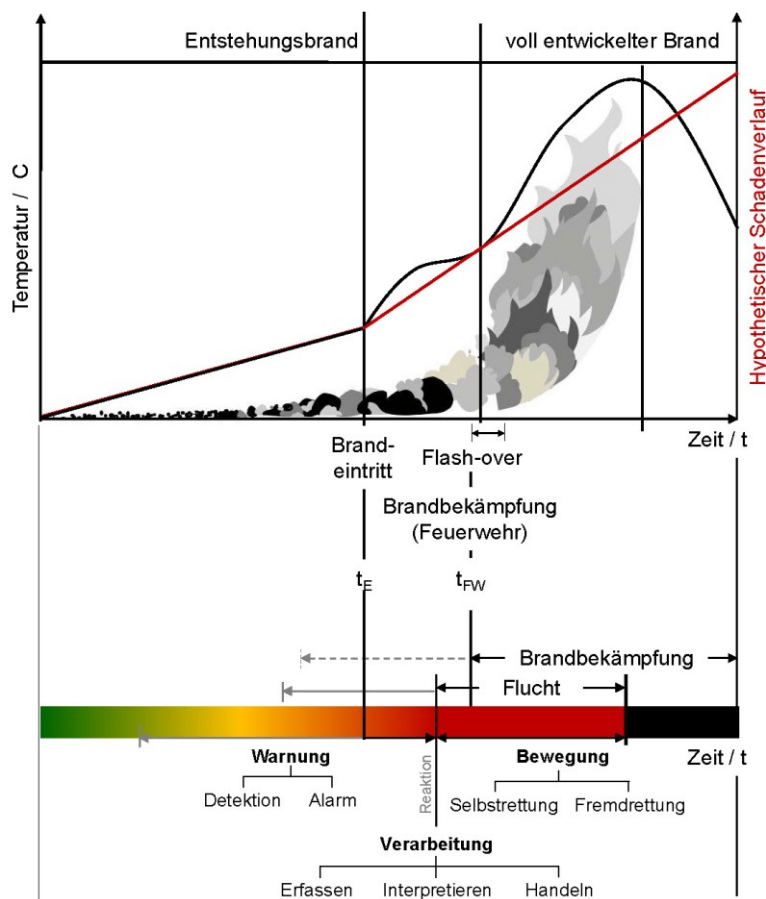


Bild 1 Vereinfachte Brandverläufe (oben in Anlehnung an [7], [8] und unten an [9])

Im Brandfall verfolgen anlagentechnische Maßnahmen zur Unterstützung der Evakuierung das Ziel, eine sichere und rasche Räumung der Gefährdungsbereiche¹ zu gewährleisten. Dazu bedarf es im Kausalverlauf zunächst einer frühzeitigen Branderkennung, um auf diese Weise die betroffenen Personen zu alarmieren und somit die Selbstrettung sowie gleichzeitig die Alarmierung der Rettungskräfte zur Fremdrettung einzuleiten.

Die für eine Räumung benötigte Zeit ergibt sich aus der Summe mehrerer aufeinander folgender Zeitintervalle (siehe [13], [9] oder [14]):

¹ Hier wird in Anlehnung an [10] und [11] aus einer Gefahr eine Gefährdung, wenn eine Gefahr und ein schützenswertes Gut (z. B. Menschen) in eine räumliche und zeitliche Koinzidenz treten, was dadurch ungehindert zu einem Schaden führen kann (vgl. [12]).

$$t_{\text{Räumung}} = t_{\text{Warnung}} + t_{\text{Verarbeitung}} + t_{\text{Bewegung}} \quad (1)$$

mit

$$t_{\text{Warnung}} = t_{\text{Detektion}} + t_{\text{Alarmierung}} \quad (2)$$

und muss die zur Flucht verfügbare Zeit unterschreiten, um den Schutz der Betroffenen sicherzustellen.

Zur Detektion eines Brandes existieren z. B. automatische Brandmeldeanlagen, wobei die Detektion auch über manuelle Wege erfolgen kann, beispielsweise wenn Passanten einen Brand erkennen und die Feuerwehr über ein Telefon alarmieren. Nebenbei bemerkt: Auswertungen in Deutschland zeigen [15], dass Alarmierungen der Feuerwehr an erster Stelle durch Anrufe über Festnetztelefone (61,5 % von 161 echten Brandalarmen) und an zweiter Stelle über automatische Brandmeldeanlagen (31 % der untersuchten Brandfälle) eingehen.

Zur anlagentechnischen Einleitung der Selbstrettung im Brandfall werden auf der Basis der DIN EN 54-3 [16] akustische Signalgeber (siehe auch ISO 8201 [17]) und der DIN EN 54-23 [18] optische Signalgeber verwendet. In beiden Fällen wird zwischen der Anwendung innerhalb und außerhalb von Gebäuden unterschieden. Zusätzlich existieren zur Unterstützung der Selbstrettung auch Sprachalarmanlagen auf der Basis der DIN EN 54-16 [19] und DIN EN 54-24 [20]. Die Anwendung solcher Signalgeber und Anlagen ist über die DIN VDE 0833-1 [22], DIN VDE 0833-2 [20] und DIN VDE 0833-4 [23] (siehe auch VDE 0828-1 [24]) sowie der DIN 14675 [25] geregelt.

An die für die Flucht und Rettung vorgesehenen Wege werden im Allgemeinen die folgenden Anforderungen gestellt (vgl. [26]):

- Für jede Nutzungseinheit mit Aufenthaltsräumen sind in jedem Geschoss mindestens zwei voneinander unabhängige Rettungswege erforderlich (siehe [27]).
- Es ist eine hinreichende Anzahl und Dimensionierung von Rettungswegen und Ausgängen sowie eine zweckmäßige Anordnung von Notausstiegen, Steigleitern etc. vorzunehmen. Die Rettungswege sind geeignet zu verkleiden und freizuhalten (ohne Einengungen, verschlossene Türen etc.).
- Die maximal zulässige Entfernung von jeder Stelle des Raumes zum nächstgelegenen Ausgang ist abhängig vom Gefahrenpotenzial und beträgt zwischen 10 m und 35 m (vgl. [28] oder [29]); es wird jeweils der kürzeste Weg vorgegeben [30]; dabei wird nicht auf die Übersichtlichkeit des Weges eingegangen; siehe [31] und [32]). Bei Versammlungsstätten sind je nach Höhe bis zu 60 m zulässig [29].
- Türen im Verlauf von Flucht- und Rettungswegen oder von Notausgängen müssen sich nach außen ohne besondere Hilfsmittel jederzeit öffnen lassen und bemessen sich nach den Mindestmaßen von Fluchtwegen [33].

- Die Breite von Flucht- und Rettungswegen in Betrieben ist nach Tabelle 1 festzulegen.
- Flucht- und Rettungswege sind nach [30] in angemessener Form und dauerhaft in ihrem gesamten Verlauf als solche zu kennzeichnen (siehe [34] ehemals [35]).
- Ist bei Ausfall der Allgemeinbeleuchtung das gefahrlose Verlassen der Arbeitsstätte nicht zu gewährleisten, muss eine Sicherheitsbeleuchtung vorhanden sein [36] und [37] (ehemals [38]).
- Es sind Flucht- und Rettungswegpläne auszuhängen, die bekannt zu machen sind. Ebenso sind Rettungsübungen durchzuführen.

Tabelle 1 Breite von Personenwegen nach Anzahl der Personen [39], [40]

Personen im Einzugsgebiet [Anzahl]	Breite [m] (ohne besondere Gefährdung)	Breite [m] (mit besonderer Brandgefahr)
bis 5	0,875	1,00
bis 20	1,00	1,25
bis 100	1,25	1,50
bis 250	1,75	2,00
bis 400	2,25	---

Wie bei der Branderkennung, stehen auch zur Fremdrettung durch die Alarmierung der Feuerwehr verschiedene anlagentechnische Umsetzungswege zur Verfügung, wie z. B. über eine Alarmübertragungsanlage. Hierbei ermöglicht eine direkte Verbindung zwischen der Brandmelderzentrale und der Feuerwehr eine rasche Alarmierung der Rettungskräfte (vgl. [41]).

Es ergibt sich durch die verschiedenen Detektions- und Alarmierungswege eine komplizierte Situation, die einer Vorhersage des jeweiligen Evakuierungsverlaufs im Wege stehen kann. Doch erst durch die Verhaltensvariabilität der vom Brand betroffenen Menschen wirkt sich jede Evakuierung fallspezifisch aus und entzieht sich derzeit zumindest teilweise bekannten (physikalisch) berechenbaren Prinzipien. Die Variablen $t_{\text{Verarbeitung}}$ und t_{Bewegung} (aus Gleichung 1) beziehen sich auf die vom Gefährdungsfall betroffenen Personen und werden als Reaktionszeit bezeichnet. Die Informationsverarbeitung eines Brandalarms gliedert sich in Anlehnung an [9] in die Erfassung, Interpretation und Handlung der Betroffenen. Hierbei handelt es sich um eine grobe Vereinfachung der menschlichen Verarbeitungsprozesse. Umfangreichere Modelle liefern beispielsweise [42], [43] oder [44], wobei Untersuchungen zeigen, dass solche Modelle zur Be-

schreibung des menschlichen Verhaltens im Rahmen der Systemsicherheit nicht ausreichen und sich Verhaltensweisen fern solcher Muster abspielen können [12]. Dieser Sachverhalt beeinflusst die hier beschriebene Thematik und wird zum Abschluss der Ausführung erneut aufgegriffen. Eine Übersicht über Untersuchungen zum menschlichen Verhalten bei Brandereignissen gibt [45].

Neben Brandrisiken berühren auch Risiken durch große Menschenmengen (siehe z. B. [46], [47], [48], [49]) die Evakuierungsthematik. Daraus und der Tatsache, dass sich in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 2010 insgesamt mindestens 373 unfallartige Todesfälle aufgrund der Exposition gegenüber Rauch, Feuer und Flamme [50]² ereignet haben, ist festzuhalten, dass hinsichtlich des Ereignis-Schweregrades von Todesfällen eher die seltenen und dafür schwerwiegenden Ereignisse die Sicherheitssituation und Evakuierungsthematik dominieren. Zur Risikoabschätzung fehlen derzeit allerdings belastbare Angaben in Bezug auf Eintrittswahrscheinlichkeiten von verschiedenen Schweregraden in unterschiedlichen Brandsituationen.

Neben Bränden – die Ursachen beiseitegelassen – existieren weitere Gefahren, die den Themenkomplex der Evakuierung betreffen. Bei Amokläufen, wie zum Beispiel in Krankenhäusern (Lörrach, 2010) oder Schulen (Winnenden, 2009; Erfurt, 2002) zielen die Schutzmaßnahmen darauf ab, dass der Täter nicht in den Bereich der zu schützenden Personen gerät. Die Personen sollen sich verbarrikadieren, was im Brandfall den Tod bedeuten kann. Auf der anderen Seite kann eine rasche Gebäudeevakuierung und Sammlung der schutzbedürftigen Personen an einem definierten Punkt im Amokfall den Massentod bedeuten, wenn dieser Sammelpunkt dem Täter bekannt ist (vgl. [14]). Ebenso kann bei Stofffreisetzungen eine Selbstrettung ins Freie dem Schutzziel entgegenlaufen, wenn z. B. durch einen Verkehrsunfall oder einen Anschlag in der Nähe eines Gebäudes Stoffe in die Umgebungsluft gelangen und die Flüchtenden (ohne zusätzliche Schutzmaßnahmen) verletzen.

Die Evakuierungsszenarien hängen demnach vom jeweiligen Gefahrenfall ab und erfordern zum Teil entgegengesetzte Schutzstrategien.

EVAKUIERUNGSTECHNOLOGIEN

Zahlreiche anlagentechnische Brandschutzmaßnahmen werden präventiv eingesetzt, doch greifen einige davon erst post factum in den Kausalnexus eines Brandes ein. Liegt ein Brand vor, sollen anlagentechnische Brandschutzmaßnahmen die Flucht der Betroffenen im Gefahrenfall unterstützen, indem sie

- a) die Personen vor Gefahren warnen,
- b) den Personen den Fluchtweg vorgeben,

² Hierbei stellt das Zuhause einen Risikoschwerpunkt mit über 90 % der statistisch erfassten Fälle dar.

- c) die Feuerwehr zur Rettung alarmieren und
- d) die Brandausbreitung begrenzen.

Um dies zu erreichen, greifen mehrere verschiedene Maßnahmen in einander, wie z. B. eine Brandmeldeanlage mit einer Rauch- und Wärmeabzugsanlage oder mit einer Löschanlage.

Im Falle eines Brandes werden schon in frühen Phasen Verbrennungsprodukte freigesetzt, die sich auf die Sichtverhältnisse ungünstig auswirken und toxische/reizende Stoffe beinhalten, wodurch die Orientierung von Menschen (durch Transmissionsverluste, Kontrastverflachungen, Farbverschiebungen, Streulichtüberlagerungen, Änderung der Adaptionsbedingungen und der Reizwirkung [48]) behindert wird. In Situationen, in denen mit Brandrauch und -gasen zu rechnen ist, kann ein Orientierungsverlust bei den Betroffenen nicht ausgeschlossen werden. Aus diesem Grund werden dann auch Sicherheitsleitsysteme eingesetzt [14] (siehe Bild 2).

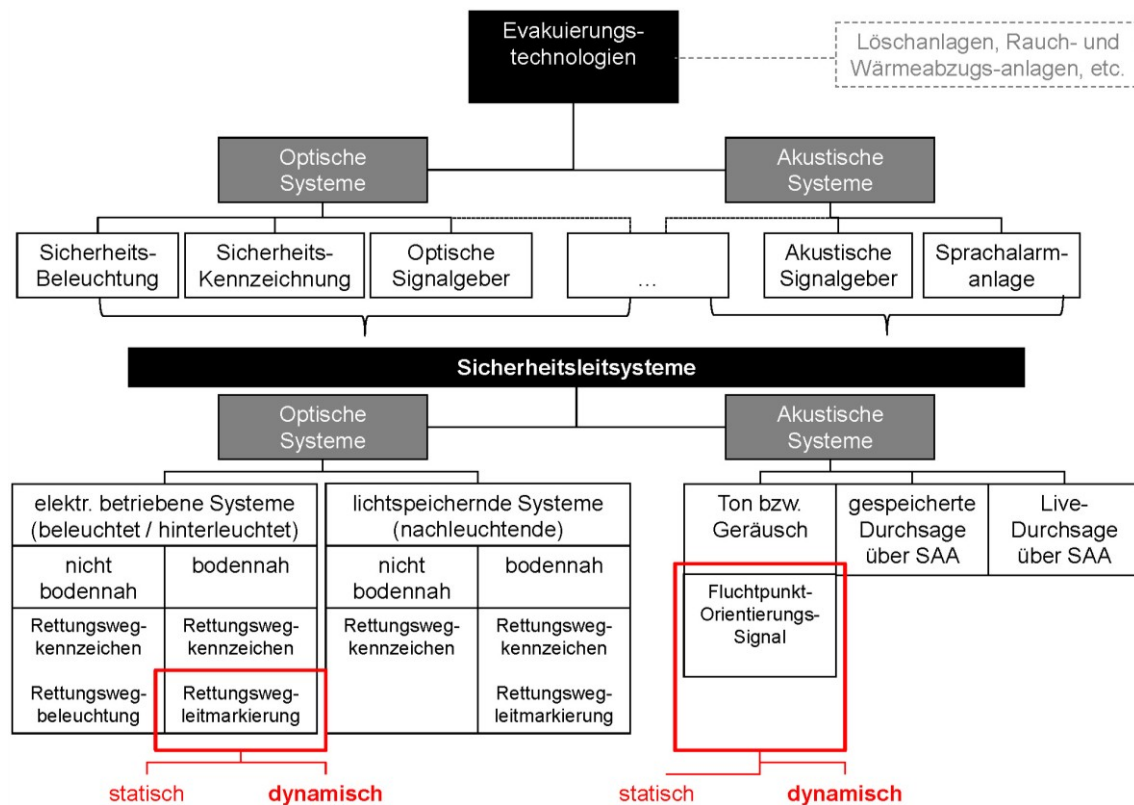


Bild 2 Systematik von optischen und akustischen Sicherheitsleitsystemen (in Anlehnung an [51])

Wie Bild 2 skizziert, werden Sicherheitsleitsysteme in optische und akustische Systeme unterteilt. Bei elektrisch betriebenen Leitsystemen kommen dynamische Systeme zum Einsatz, die das Zusammenwirken mehrerer Systemtechnologien erfordern.

DYNAMISCHE FLUCHTWEGLENKUNG

Der Einsatz von Sicherheitsleitsystemen zur Unterstützung der Evakuierung von Gebäuden im Brandfall ermöglicht eine gezielte Fluchtweglenkung. Die Lenkung von Flüchtenden hängt von zahlreichen Einflussfaktoren ab, was durch Bild 3 veranschaulicht wird.

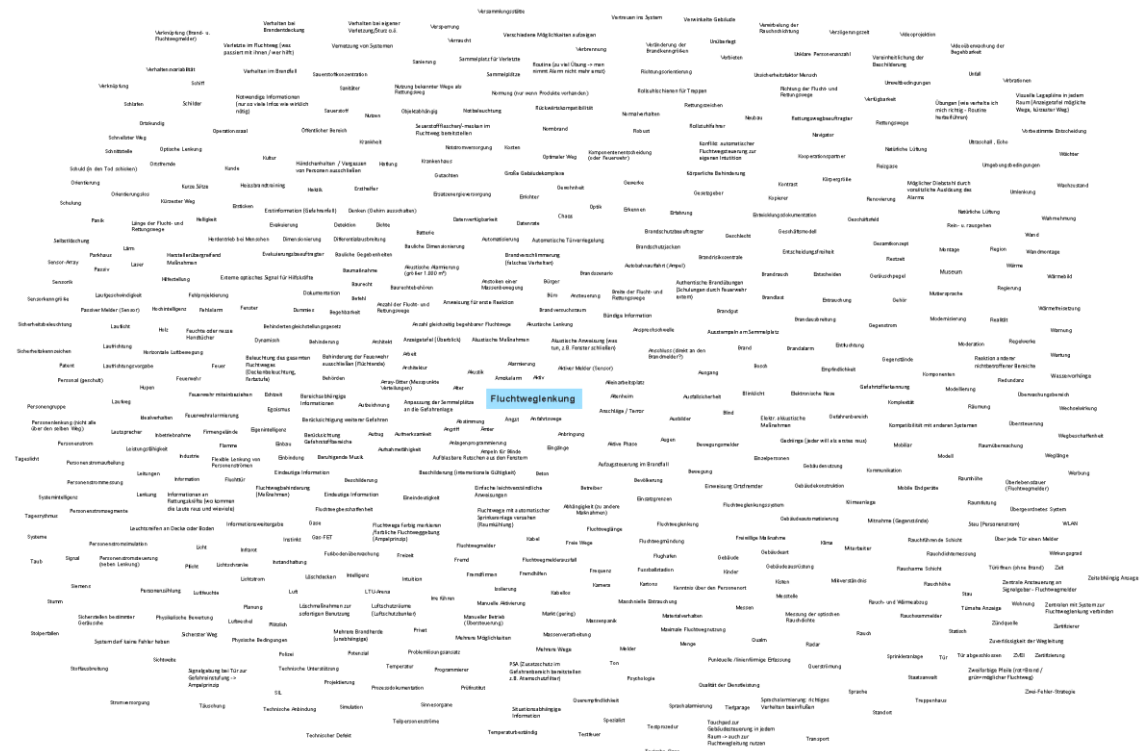


Bild 3 Einflussfaktoren auf den Themenkomplex der Fluchtweglenkung

Anhand von Bild 3 wird ersichtlich, dass es sich bei der Fluchtweglenkung um einen komplizierten Themenbereich handelt. In einer 4-stufigen Befragung von Laien und Experten konnten bisher 525 thematisch relevante Einflussfaktoren auf die Fluchtweglenkung (Doppelnennungen wurden bereits ausgeschlossen) identifiziert werden, die noch hinsichtlich ihrer Relevanz zu bewerten sind.

Zielstellung

Wie bereits erwähnt, werden an Flucht- und Rettungswege diverse Anforderungen gestellt, die jedoch zugrunde legen, dass

- der kürzeste Rettungsweg der maßgebliche ist,
- einer der Rettungswege immer begehbar ist und
- sich die Situation im Gefährdungsfall nicht ändert.

Die beim Brand in frühen Phasen freigesetzten Verbrennungsprodukte sammeln sich aufgrund der Thermik in der Regel zunächst unterhalb der Decke von Räumen bzw. Gebäuden an. Die Kennzeichnung der Flucht- und Rettungswege befindet sich derzeit hauptsächlich in diesem Bereich, worunter die Erkennbarkeit der Rettungszeichen leidet. Zusätzlich beinhaltet der Rauch toxische Stoffe und trübt die Sicht von Menschen, wodurch – wie bereits erwähnt – die Orientierung behindert wird. Des Weiteren kann eine Fehleinschätzung über die Begehbarkeit eines Fluchtweges in Bezug auf die Sichtweite bzw. optische Rauchdichte, Temperatur und Stoffkonzentration während einer Gebäudeevakuierung dazu führen, dass die Personen auf andere Fluchtwege ausweichen. Dadurch kann die Auslegung der Rettungswege in ungünstigen Fällen überbeansprucht werden.

Einen Beitrag zur Schließung dieser Lücken sollen dynamische Sicherheitsleitsysteme bzw. Fluchtweglenkungssysteme leisten.

Bei optischen Lenkungssystemen zeigen Untersuchungen [51]:

- Schwelbrände mit hellem Brandrauch beeinflussen das menschliche Sehen aufgrund der starken Lichtstreuung stärker als Verbrennungen mit offener Flammenbildung und dunklem Rauch [52].
- Hohe Rauchdichten wirken sich auf die Erkennung von Zeichendetails nachteiliger aus als auf die Sichtbarkeit des Gesamtzeichens.
- Zuerst wird das Symbol, dann das Zeichen und dann die Zeichenfarbe erkannt.
- Die Erzielung ausreichender Erkennungsweiten wird bei hohen Rauchdichten entscheidend von der Ausdehnung der Zeichen bestimmt.
- Bei Sicherheitszeichen mit relativ niedrigen Zeichenleuchtdichten sind niedrigere Beleuchtungsniveaus günstiger. Entsprechend sind bei höheren Zeichenleuchtdichten höhere Beleuchtungsniveaus von Vorteil.
- Im Allgemeinen sind geringe Hintergrundleuchtdichten und hohe Zeichenleuchtdichten vorteilhaft. Zu hohe Zeichenleuchtdichten sind nachteilig, da sie Blendungs- und Streueffekte verursachen können.
- Hinterleuchtete Sicherheitszeichen erzielen die größten Erkennungsweiten.
- Hindernisse im Fluchtbereich werden erst vor dem Auftreffen erkannt und erzwingen eine Blickorientierung.
- Hohe Beleuchtungsniveaus besitzen Nachteile gegenüber der Notbeleuchtung (Kontraste).
- Bei Notbeleuchtung ist die Erkennbarkeit von Personen und Hindernissen (entgegen der Allgemeinbeleuchtung) abhängig vom Standort.
- Bodennahe Systeme sind im Brandfall sinnvoll, ebenso kontinuierliche Systeme (Orientierungspunkte sollten nicht weiter als 2 m auseinander liegen).

- Die Dynamisierung der Sicherheitszeichen durch Blinken von Signal- oder Kontrastfarbe brachte für die Erkennbarkeit der Sicherheitszeichen nur geringfügige Vorteile.

In [14] wird auf Untersuchungen [53] über die Wirkung von akustischen Sicherheitsleitsystemen hingewiesen, aus denen sich die veranschlagten Reaktionszeiten nach Tabelle 2 ergeben.

Tabelle 2 Veranschlagte Reaktionszeiten (nach [53] in [14])

Art der Gebäudenutzung und Personencharakteristik	Tonsignal durch Signalgeber	Gespeicherte Durchsage über SAA	Live-Durchsage über SAA
Büros, öffentliche Gebäude, Schulen, Industrie (<i>Personen sind überwiegend vertraut*</i>)	> 4 min	3 min	< 1 min
Geschäfte, Ausstellungen, Museen, Versammlungsstätten (<i>Personen sind nicht vertraut*</i>)	> 6 min	3 min	< 2 min
Herbergen, Internate (<i>Personen schlafen, sind aber überwiegend vertraut*</i>)	> 5 min	4 min	< 2 min
Hotels, Beherbergungsstätten (<i>Personen schlafen und sind nicht vertraut*</i>)	> 6 min	4 min	< 2 min
Krankenhäuser, Alten- und Pflegeheime (<i>erhebliche Anzahl von Personen benötigt ggf. Hilfe</i>)	> 8 min	5 min	< 3 min

**vertraut/nicht vertraut mit dem Gebäude, Alarmsystem und Evakuierungsablauf*

Die Unterscheidung zwischen Personen, die mit dem Gebäude etc. vertraut sind bzw. dies nicht sind, ergibt sich aus den unterschiedlichen Reaktionsweisen dieser Kollektive. So zeigt JIN [54], dass bei Ortsunkundigen bei niedrigeren Rauchdichten Veränderungen der Herzfrequenzraten im Vergleich zu ortskundigen Personen auftreten.

Es gibt zwei unterschiedliche Systeme für diese Art der akustischen Fluchtweglenkung. Einerseits autonome Signalgeber, die in Abhängigkeit des Montageorts und der Position im Fluchtweg parametrisiert werden (statisch) und andererseits Lautsprecher, die über eine Zentrale gesteuert werden. Letztere eignen

sich auch für dynamische Systeme. Nach [55] wurde in Versuchen auf diese Weise eine Reduzierung der Fluchtzeit von 30 - 70 % erzielt.

Zusätzlich zu den hier aufgeführten optischen und akustischen Fluchtweglenkungssystemen wird derzeit an Navigationssystemen für „Smartphones“ (auch „Digitale Lotsen“ bezeichnet) gearbeitet [56]. Vergleichbar mit Navigationssystemen im Straßenverkehr sollen Personen über „Smartphones“ durch Gebäude ins Freie geführt werden.

Des Weiteren wird momentan an Technologien gearbeitet, die die Begehbarkeit der Rettungswege überwachen (Fluchtwegmelder). Die Melder sollen von der Brandmelderzentrale im Brandfall in den aktiven Zustand versetzt werden, woraufhin die vorgesehenen Flucht- und Rettungswege hinsichtlich ihrer Begehbarkeit in einer Raumhöhe z. B. von bis zu 2,5 m kontinuierlich überprüft werden. Dazu können die folgenden Kenngrößen herangezogen werden:

- optische Rauchdichte [dB/m] als Maß für die Sichttrübung,
- Temperatur im Überwachungsbereich [°C],
- Konzentration der Wesentlichen toxischen und reizenden Brandgasen [ppm / Vol-%].

Diese Kenngrößen können das Fluchtverhalten von Personen im Brandfall wesentlich beeinflussen und hängen vom brennbaren Stoff, dem Stofffreisetzungsverhalten sowie den Umgebungsbedingungen des jeweiligen Brandes ab und können über Sensoren gemessen werden. Zur Beurteilung der Begehbarkeit können Expositionsgrenzwerte herangezogen werden, die für die wesentlichen Stoffe bereits existieren (siehe [8]). Auf dieser Grundlage ergibt sich ein Entscheidungskriterium über die Begehbarkeit von Flucht- und Rettungswegen. Als Resultat können bodennahe optische und/oder akustische Systeme angesteuert und der kürzeste bzw. sicherste Fluchtweg angezeigt werden. Auch die Sperrung von Fluchtwegen ist möglich, sofern die Messwerte die Toleranzgrenzwerte überschreiten, wobei Fehlentscheidungen zu erheblichen Konsequenzen führen können.

Detaillierte Untersuchungen über die Wirkung und Wirksamkeit der verschiedenen Ansätze liegen nur punktuell vor.

Funktionsprinzip der dynamischen Fluchtweglenkung

Bisherige organisatorische und anlagentechnische Maßnahmen zur Beleuchtung und Kennzeichnung von Flucht- und Rettungswegen sowie zum Brandschutz und zur -bekämpfung können im Rahmen der dynamischen Fluchtweglenkung zusammenwirken. Bild 4 zeigt beispielhaft das Funktionsprinzip der dynamischen Fluchtweglenkung.

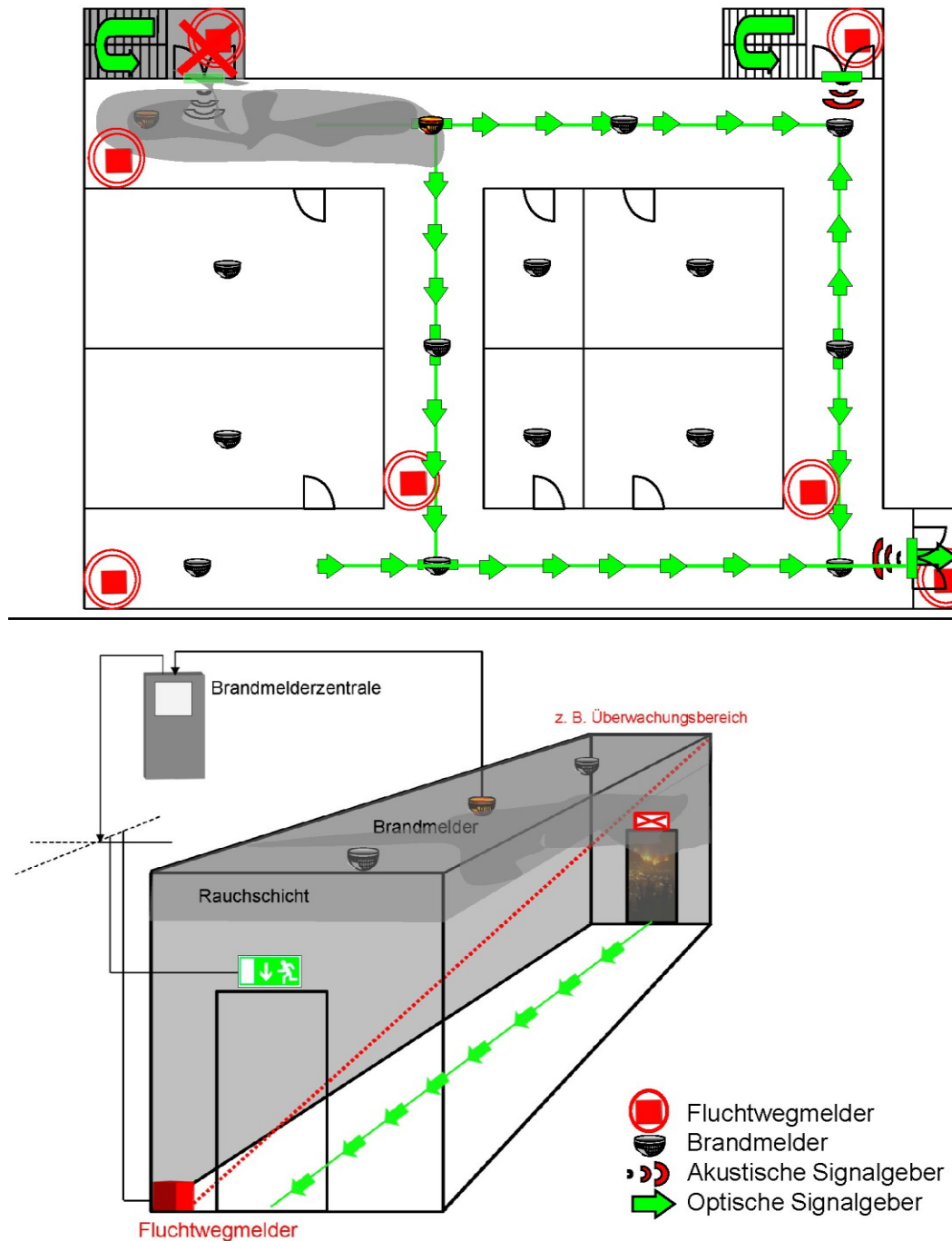


Bild 4 Funktionsprinzip der Fluchtweglenkung

Zusätzlich zu den bisherigen Beschilderungen und Beleuchtungen können richtungshinweisende Leitsysteme bzw. Lenkungssysteme über bodennahe optische Signale oder akustische Signale den kürzesten oder sichersten Fluchtweg vorgeben. Die Lokalisation eines Brandes kann dabei über Brandmelder erfolgen, die ihre Informationen über einen Brand an eine Brandmelderzentrale leiten, welche die optischen und akustischen Lenkungssysteme ansteuert. Zusätzlich kann zukünftig eine Fluchtwegüberwachung durch Fluchtwegmelder

aktiviert werden. Über diese Melder werden Informationen über die Begehrbarkeit der Rettungswege an die Zentrale geliefert, die diese Angaben auswertet und auf dieser Basis die Lenksysteme ansteuert. Des Weiteren können Rauch- und Wärmeabzugsanlagen von der Zentrale angesteuert werden, die eine Rauchsichtung bewirken, welche vom Fluchtwegmelder berücksichtigt werden kann.

Terminologische Abgrenzung

Da zunehmend von dynamischen Lenkungssystemen gesprochen wird und sich dabei von bisherigen passiven bzw. statischen Systemen abgegrenzt wird, soll im Folgenden ein Versuch zur begrifflichen Abgrenzung vorgenommen werden (siehe Tabelle 3).

Die Etymologie der ausgewählten Eigenschaftswörter zeigt, dass die Adjektive *aktiv* und *dynamisch* eine ähnliche Bedeutung einnehmen, was schon an der im Allgemeinen synonymen Verwendung ersichtlich wird. Sie grenzen sich hingegen deutlich von den Adjektiven *statisch* und *passiv* (z. B. im Sinne von teilnahmslos) ab und bilden teilweise Gegenwörter (*passiv* zu *aktiv*).

Eine inhaltliche Abgrenzung der Begriffe *aktiv* und *dynamisch* über die Begriffsverwendungen ist schwierig. Über den hier vorliegenden äußeren Zusammenhang der Evakuierungstechnologie besteht die Möglichkeit *passiv* im Sinne von „sich zurückhalten, untätig, teilnahmslos“ z. B. für Sicherheitszeichen (Schilder) und *aktiv* im Sinne von „in Bewegung setzen, treiben, tätig sein, zielstrebig, in Gang bringen, in Tätigkeit setzen“ z. B. für Blinkleuchten zu verwenden. In diesem Begriffskonzept kann die Abgrenzung zu dynamischen Systemen durch die Möglichkeit der Umlenkung von Flüchtenden auf der Basis der Rettungswegüberwachung anhand von wiederholten bzw. kontinuierlichen Messungen und möglichen Lageänderungen erfolgen. In diesem Fall handelt es sich um die Option einer zeitveränderlichen Situationsanpassung in Bezug auf eine sich verändernde Gefährdungssituation.

Anwendungsbeispiele

Bei dynamischen Fluchtweglenkungssystemen – sowohl bei akustischen, als auch bei optischen Systemen – handelt es sich derzeit um einzelne Herstellerunternehmen. Um einen Überblick über den aktuellen Stand von akustischen und optischen Fluchtweglenkungssystemen zu erhalten, wurden die Projekte von Herstellern dieser Systeme zusammengetragen. Da die Anzahl der Projekte bei optischen Systemen umfangreicher ist, konnten hier zusätzlich Auswertungen vorgenommen werden. Die nachstehenden Daten beruhen auf Angaben von Herstellern, die über einen großen Marktanteil verfügen, weshalb die Daten einen guten, aber keinen vollständigen Überblick über die Situation in Deutschland geben.

Tabelle 3 Etymologie von relevanten Begriffen

Adjektiv	Etymologie
Dynamisch	Der Begriff wird bis auf das 18. Jh. zurückverfolgt. Aus dem griechischen Begriff <i>dynasthai</i> (können, vermögen) bildete sich der Begriff <i>dynamikós</i> für <i>vermögend, wirkend, mächtig, stark, kräftig, wirksam</i> (vgl. [3]) zu <i>dýnamis</i> (Kraft, Vermögen). Das Adjektiv bedeutet im Deutschen seit der 2. Hälfte des 18. Jahrhunderts <i>schwungvoll, voll innerer Triebkraft</i> sein [3].
Aktiv	Das Adjektiv wurde im 16. Jh. aus <i>āctīvus</i> zu <i>agere</i> (<i>āctum</i>) übernommen und bedeutet so viel wie <i>tatkräftig, tätig, in Bewegung setzen, treiben, handeln</i> (vgl. [1], [2] und [3]). Der Begriff ist seit dem 17. Jh. im Lateinischen auch als Gegenwort zu <i>passiv</i> zu verstehen. In jüngerer Sprache entwickelten sich Auffassungen wie <i>rührig, zielstrebig</i> [1]. Das Adjektiv findet in verschiedenen Bereichen eine unterschiedliche Bedeutung. So wird in der Chemie von <i>aktiven Körper</i> (im Sinne von <i>stark reaktionsfähig</i>) gesprochen, z. B. <i>radioaktiv</i> für <i>Strahlen aus-sendend</i> . In der Medizin wird hingegen von einer <i>aktiven</i> (fortschreitenden) <i>Tuberkulose</i> gesprochen oder von <i>biologisch aktivem Insulin</i> , was hier so viel bedeutet wie <i>in besonderer Weise wirksam</i> sein [1].
Statisch	Seit etwa Mitte des 19. Jh. wird das Adjektiv verwendet, im Sinne von <i>das Gleichgewicht der Kräfte, die Statik betreffend, im Gleichgewicht, in Ruhelage befindlich, stillstehend</i> . Das Adjektiv lehnt sich in der 1. Hälfte des 17. Jh. an das Lateinische <i>statica</i> und das Griechische <i>statikē (téchnē)</i> für <i>Lehre, Kunst vom Wägen, vom Gleichgewicht</i> sowie <i>statikós</i> für <i>stellend, stehen machend, wägend</i> zu <i>histánai</i> für <i>stellen</i> (vgl. [1], [2]) an.
Passiv	Im 17. Jh. entlehnt sich das Eigenschaftswort aus <i>passivum</i> (<i>leidende Handlungsweise</i>), zu Verdeutschungen <i>über pati</i> (<i>dulden, sich zurückhaltend, sich gefallen lassen, hinnehmen, (er)leiden</i>) (siehe [1] und [2]). Das Adjektiv bedeutet seit dem 18. Jh. <i>untätig, hinnehmend, teilnahmslos</i> sein, wohl unter Einfluss vom Französischen <i>passif</i> [2] und seit Ende des 18. Jhs. als Gegenwort zu <i>aktiv</i> zu verstehen.

Akustische Systeme

Akustische Fluchtweglenkungssysteme werden in Deutschland in den nachstehenden Objekten eingesetzt: 1) Universitätsklinik Münster, 2) Krankenhaus Berlin Westend, 3) Flughafen Hannover, 4) Bloom & Voss Megayacht, 5) Bayer-

Health-Care, 6) Bayer Leverkusen, 7) Flughafen München Parkhaus 2, 8) IKEA Würzburg, 9) Flughafen Hannover Welt der Luftfahrt und 10) Klima-Haus Bremerhaven. In den Objekten: 11) Frankfurt Fraport, 12) Berliner Schloss und 13) Infra-Serv AG werden derzeit solche Systeme geplant bzw. befinden sich in Bearbeitung.

Oftmals werden akustische Fluchtweglenkungssysteme mit optischen verknüpft. Optische Fluchtweglenkungssysteme werden in Deutschland etwa seit dem Jahre 2000 als dynamische Systeme verkauft.

Optische Systeme

Die Auswertungen der Projekte des analysierten Herstellers von optischen Fluchtweglenkungssystemen beziehen sich auf Projekte seit dem Jahre 2007 und liefern die folgenden Ergebnisse.

Seit dem Jahre 2007 wurden in Deutschland 88 Projekte umgesetzt, in denen optische Fluchtweglenkungssysteme angewendet werden. Die hier ausgewerteten optischen Systeme beinhalten: a) „Dynamische Rettungszeichen-Leuchten“, b) „Leuchten mit bodennahen Lauflichtern“ und / oder c) „Blitzleuchten“.

Die Verteilung der Projekte hinsichtlich ihrer Größenordnung, gemessen an der Anzahl der Leuchten, erfolgt anhand der Klassenanzahl k nach [57] über Gleichung 3:

$$k_{\text{Klasse}} \approx \sqrt{n} \quad (\text{bei } 50 < n < 500) \quad (3)$$

und führt zu 8 Klassen. Dabei zeigt sich, dass 94,3 % der Projekte mit weniger als 260 Leuchten ausgestattet werden. Über eine Verteilung der Projekte in 4 Klassen wird deutlich, dass in den meisten Projekten zwischen 10 und 50 Leuchten verbaut sind, wie Bild 5 zeigt.

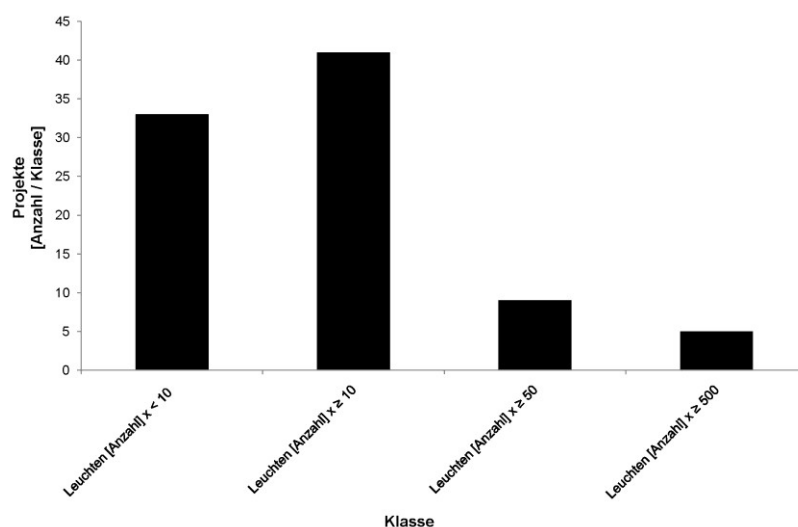


Bild 5 Anzahl von optischen Fluchtweglenkungs-Projekten

Bild 6 gibt eine Übersicht über die von 2007 bis jetzt abgeschlossenen ($n = 75$), in Bearbeitung befindlichen ($n = 6$) und geplanten ($n = 7$) Projekte.

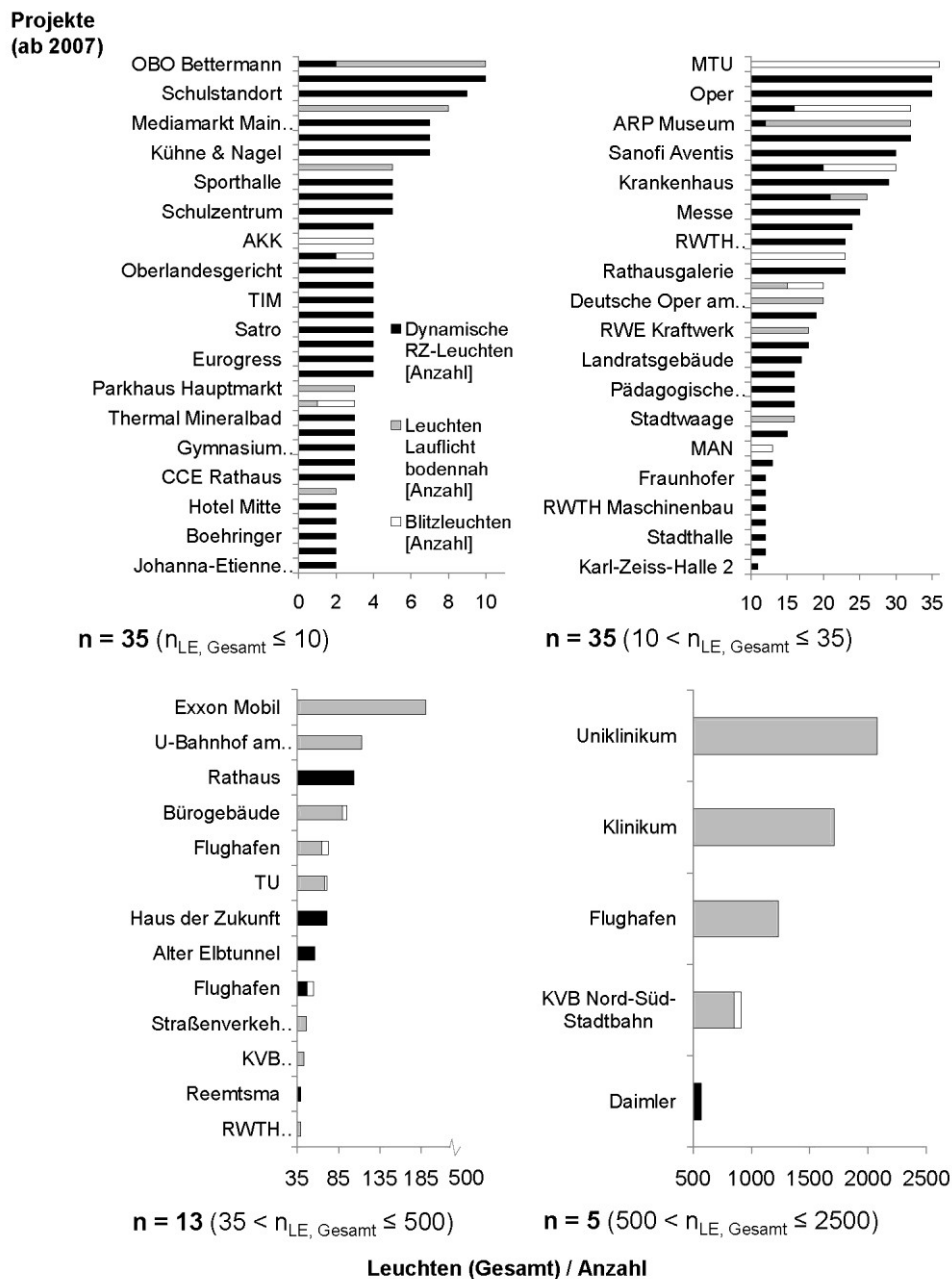


Bild 6 Auswertung von optischen Fluchtweglenkungssystem-Projekten

Größere Projekte sind zum Beispiel das Uniklinikum Greifswald mit 2080 Leuchten oder das Klinikum Minden mit 1710 Leuchten (siehe hierzu [29]).

Anhand der Auswertungen wird ersichtlich, dass es sich mittlerweile in Deutschland um eine Vielzahl von Anwendungsbeispielen, wenn auch nur wenige große Projekte, handelt. Der Nutzen solcher Technologien sollte zusätzlich zu anderen Wegen anhand dieser Beispiele beobachtet werden.

FAZIT

Anlagentechnische Optimierungsversuche verfolgen unter anderem das Ziel, eine rasche und sichere Selbstrettung zu ermöglichen. Dazu bieten sich zusätzlich zu den im Allgemeinen vorgeschriebenen oder etablierten Maßnahmen richtungshinweisende, bodennahe und ereignisorientierte (und damit über die Zeit veränderbare; also dynamische) optische und/oder akustische Fluchtweglenkungssysteme an.

Durch den Einsatz solcher Technologien soll: 1) wertvolle Zeit zur Selbstrettung gewonnen sowie 2) Orientierungslosigkeit und unerwünschtes (z. B. panikartiges) Verhalten vermieden werden.

Derzeit sind dynamische Fluchtwegkonzepte als zusätzliche oder kompensierende anlagentechnische Maßnahmen aufzufassen. Dadurch können höhere Kosten entstehen. Andererseits kann ein erhöhtes Sicherheitsniveau erreicht werden, da über diese Maßnahmen einigen Schwachstellen konventioneller Wege Rechnung getragen wird. Auf der anderen Seite ist durch den Einsatz solcher Technologien auch eine Kostenreduzierung denkbar, wenn dadurch kostenintensivere Maßnahmen substituiert werden können, was im Einzelfall denkbar ist. Eine rein ereignis- oder kostenbezogene Argumentation von Sicherheitsmaßnahmen ist für die Situation ohnehin eher ungünstig, gemäß dem Motto „so sicher wie nötig, statt wie möglich“.

Die hier beschriebene Fluchtweglenkung ist kein neues Thema, was anhand der Anwendungsbeispiele angedeutet wurde. Dennoch mangelt es an belastbaren Untersuchungen über die Wirkung – die Chancen und Risiken – und die Wirksamkeit solcher Maßnahmen. Erst auf dieser Basis können objektivierte Risikoabschätzungen vorgenommen und darüber die für den Einzelfall optimal wirkenden Maßnahmen zur Schutzzielerreichung abgeleitet werden.

Für die Anlagentechnik stellt sich bei der Auseinandersetzung mit der Evakuierungsthematik die Situation ein, dass die Bedeutung des menschlichen Verhaltens offensichtlich wird und eine reine anlagentechnische Zentrierung auch in anderen Bereichen verdrängt.

LITERATUR

- [1] Seebold, E. (2011). Kluge - Etymologisches Wörterbuch der deutschen Sprache. Berlin: Walter de Gruyter Verlag. 25. Auflage.
- [2] Pfeifer, W. (1993). Etymologisches Wörterbuch des Deutschen A - L. Berlin: Akademie Verlag. 2. Auflage.
- [3] Drodowski, G. et. al (1989). Duden: Etymologie – Herkunftswörterbuch der deutschen Sprache. Mannheim: Dudenverlag.
- [4] Sachsse, H. (1978). Anthropologie der Technik. Ein Beitrag zur Stellung des Menschen in der Welt. Braunschweig: Vieweg-Verlag. S. 9.

- [5] Farmers, G. & Messerer, J. (2/2009). Grundsätzliche Schutzziele. Feuer-Trutz Brandschutzmagazin für Fachplaner.
- [6] N. N. (25.08.2012). Täglicher Flächenverbrauch. Statistisches Landesamt Baden-Württemberg. URL: www.statistik.baden-wuerttemberg.de.
- [7] Bansemer, B. (2003). Ein Modell zur szenarioabhängigen Beurteilung der Rauchgastoxizität. Dissertation, Bergische Universität Wuppertal, Fachbereich D – Abt. Sicherheitstechnik, S. 41.
- [8] VFDB-TB 04-01 (05/2009). Leitfaden Ingenieurmethoden des Brand-schutzes. Dietmar Hosser (Hrsg.). Technischer Bericht vfdb. Alten-berge/Braunschweig, 2. Auflage.
- [9] Albrecht, C. (09/2011). Grundlagen und Sicherheitskonzept für den Nach-weis der Entfluchtung im Brandfall. Dietmar Hosser (Hrsg.): 25. Fachta-gung Brandschutz – Forschung und Praxis. Braunschweiger Brandschutz-Tage 2011, Braunschweig 27.-28.09.2011, S. 83 - 100.
- [10] Compes, P. C. (1992a). Forschung und Lehre der Sicherheitswissen-schaft. In 12. GfS-Sommer-Symposion: Sicherheitswissenschaft in Theorie und Praxis im wiedervereinigten Deutschland – Konzepte-Realitäten-Defizite (pp. 17–48). Bergische Universität – Gesamthochschule Wupper-tal: Gesellschaft für Sicherheitswissenschaft, S. 34.
- [11] Skiba, R. (1973). Die Gefahrenträgertheorie. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung. Forschungsbericht Nr. 106., S. 6.
- [12] Festag, S. (2012). Systemsicherheit und menschlicher Faktor. Über das Versagen von Strategien zur Risikobewältigung. Dissertation, Bergische Universität Wuppertal, Fachbereich D – Abt. Sicherheitstechnik.
- [13] Purser, D.A. (2002). Toxicity Assessment of Combustion Products. In SFPE Handbook of Fire Protection Engineering (pp. 2-83 – 2-171), National Fire Protection Association, Third Edition.
- [14] N.N. (01/2012). Effektive Gebäudeevakuierung mit System – Technische Maßnahmen im Brandfall und bei sonstigen Gefahrenlagen. Broschüre des Zentralverbands Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V., Frankfurt.
- [15] Döbbling, E.P., Festag, S. & Witzigmann, M. (08/2012). Brandschaden-statistik zur Wirksamkeit anlagentechnischer Brandschutzmaßnahmen – Pilotstudie des Referats 14 der vfdb. VFDB (S. 123 – 127), Ausgabe 3/2012, S. 125.
- [16] DIN EN 54-3 (2009). Brandmeldeanlagen – Teil 3: Feueralarmeinrich-tungen – Akustische Signalgeber. Berlin: Beuth-Verlag.
- [17] ISO 8201 (1987). Akustik; Akustisches Notsignal für Räumung. Berlin: Beuth-Verlag.
- [18] DIN EN 54-23 (2010). Brandmeldeanlagen – Teil 23: Feueralarmeinrich-tungen – Optische Signalgeber. Berlin: Beuth-Verlag.

- [19] DIN EN 54-16 (2008). Brandmeldeanlagen – Teil 16: Sprachalarmzentralen. Berlin: Beuth-Verlag.
- [20] DIN EN 54-24 (2008). Brandmeldeanlagen – Teil 24: Komponenten für Sprachalarmierungssysteme. Berlin: Beuth-Verlag.
- [21] DIN VDE 0833-1 (2009). Gefahrenmeldeanlagen für Brand, Einbruch und Überfall – Teil 1: Allgemeine Festlegungen. Berlin: Beuth-Verlag.
- [22] DIN VDE 0833-2 (2009). Gefahrenmeldeanlagen für Brand, Einbruch und Überfall – Teil 2: Festlegungen für Brandmeldeanlagen. Berlin: Beuth-Verlag.
- [23] DIN VDE 0833-4 (2011). Gefahrenmeldeanlagen für Brand, Einbruch und Überfall – Teil 4: Festlegungen für Anlagen zur Sprachalarmierung im Brandfall. Berlin: Beuth-Verlag.
- [24] VDE 0828-1 (2012). Elektroakustische Notfallwarnsysteme. Berlin: Beuth Verlag.
- [25] DIN 14675 (2012). Brandmeldeanlagen – Aufbau und Betrieb. Berlin: Beuth-Verlag.
- [26] Lehder, G. (2007). Taschenbuch Betriebliche Sicherheitstechnik. Berlin: Erich Schmidt Verlag. 5. Auflage, S. 355.
- [27] MBO (2002). Musterbauordnung. Fünfter Abschnitt: Rettungswege, Öffnungen, Umwehrungen, § 33 Erster und zweiter Rettungsweg.
- [28] ASR A2.3 (2007). Fluchtwege und Notausgänge, Flucht- und Rettungsplan. Technische Regeln für Arbeitsstätten.
- [29] Löbbert, A., Pohl, K.D. & Thomas, K.-W. (2004). Brandschutzplanung für Architekten und Ingenieure – mit beispielhaften Konzepten für alle Bundesländer. Köln: Rudolf Müller Verlag. 4. Auflage, S. 80.
- [30] ArbStättV (2004). Arbeitsstättenverordnung. Anhang 2.3.
- [31] Kempen T. (2011). Bessere Fluchtwegsteuerung. FeuerTrutz Spezial – Band 2 Sicherheitssysteme, S. 8 - 11.
- [32] Kempen, T. (4/2012). Abweichung, Erleichterung und Kompensation. FeuerTrutz Brandschutzmagazin für Fachplaner, S. 6 - 10.
- [33] ASR A1.7 (2009). Türen und Tore. Technische Regeln für Arbeitsstätten.
- [34] ASR A1.3 (2007). Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung. Technische Regeln für Arbeitsstätten.
- [35] BGV A8 (2002). Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz (bisher VBG 125). Berufsgenossenschaftliche Vorschrift.
- [36] ASR A3.4 (2011). Beleuchtung. Technische Regeln für Arbeitsstätten.
- [37] ASR A3.4/3 (2009). Sicherheitsbeleuchtung, optische Sicherheitsleitsysteme. Technische Regeln für Arbeitsstätten.

- [38] BGR 216 (2001). Optische Sicherheitsleitsysteme (einschließlich Sicherheitsbeleuchtung). Berufsgenossenschaftliche Regeln.
- [39] DIN 18225 (1988). Industriebau; Verkehrswege in Industriebauten. Berlin: Beuth Verlag.
- [40] Opfermann, R. & Streit, W. Breite von Rettungswegen mit erhöhtem Gefährdungspotenzial. Loseblattsammlung, Wiesbaden; Dt. Fachschriftenverlag. In: G. Lehder (2007). Taschenbuch Betriebliche Sicherheitstechnik. Berlin: Erich Schmidt Verlag. 5. Auflage, S. 356.
- [41] Festag, S. & Staimer, A. (08/2012). Unterschiedliches Verhalten gleicher Anlagentechnik: Erläuterung am Beispiel der Gegenüberstellung von deutschen und britischen automatischen Brandmeldeanlagen. VFDB 3/2012, S. 128 - 134.
- [42] Siebert, D. (1978). Der Regler Mensch und sein Einfluß auf die Sicherheit technischer Systeme. In BG Nahrungsmittel und Gaststätten (Hrsg): Kolloquium Mensch, Maschine, Umwelt II, Schriftenreihe Symposium Nr. 6, Mannheim.
- [43] Rasmussen, J. (5/1983). Skills, Rules, and Knowledge; Signals, Signs and Symbols, and Other Distinctions in Human Performance Models. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. SMC-13, No.3.
- [44] Reason, J. (1994). Menschliches Versagen. Psychologische Risikofaktoren und moderne Technologien. Heidelberg: Spektrum, Akademischer Verlag.
- [45] Bodamer, M., Schuh, H. & Dombrowsky, W.R. (1987). Das Verhalten von Menschen bei Gebäudebränden. Brandschutzforschung der Bundesländer. Forschungsbericht Nr. 60. Arbeitsgemeinschaft der Innenministerien der Bundesländer. Arbeitskreis V – Unterausschuss „Feuerwehrangelegenheiten“. Karlsruhe.
- [46] N. N. (03.06.2012). Versammlungsstätten. Brandschutz-Fleischhauer. URL: www.brandschutz-fleischhauer.de (Zugriffsdatum).
- [47] Seyfried, A. (11/2011). Hermes – ein Evakuierungsassistent für Großveranstaltungen. Vortrag: 14. VDI-Fachtagung „Brandschutz und Gebäudetechnik“. Bonn, S. 4.
- [48] Pflitsch, A. (05.06.2012). Messsystem zur Ermittlung der Ausbreitung von Gefahrstoffen in kritischen Infra- und komplexen Gebäudestrukturen zur Vermeidung ziviler Katastrophen (MAusKat). Aktuelles Forschungsprojekt. URL: <http://www.mauskat.de> (Zugriffsdatum).
- [49] N. N. (02.10.2007). Tote bei Institutsbrand in Moskau. Der Tagesspiegel – Online. URL: www.tagesspiegel.de (Zugriffsdatum).
- [50] GBE (12.03.2012). Informationssystem der Gesundheitsberichterstattung des Bundes. URL: www.gbe-bund.de (Zugriffsdatum).

- [51] Gall, D., Kokoschka, S. & Bieske, K. (03/2003). Evaluierung von Sicherheitsleitsystemen in Rauchsituationen. Forschungsbericht der Technischen Universität Ilmenau – Fachgebiet Lichttechnik.
- [52] Jin, T. (1971). Visibility of monochromatic signs through fire smoke. Report of Fire Research Institute of Japan. Serial No. 33, S. 31 - 48.
- [53] DD 240-1 (1997). Fire safety engineering in buildings. Guide to the application of fire safety engineering principles (durch BS 7974 (2001): Application of fire safety engineering principles to the design of buildings. Code of practice, ersetzt.
- [54] Jin, T. (1981). Studies of Emotional Instability in Smoke from Fires. Journal of Fire & Flammability. Vol. 12, Fire Research Institute Mitaka, S. 130 - 142.
- [55] N. N. (08/2011). Effektive Gebäudeevakuierung mit System. Anlage zur Broschüre des Zentralverbands Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V., Frankfurt.
- [56] Klaassen, L. (20.07.2012). Digitaler Lotse. Süddeutsche Zeitung, Nr. 166, V2/2
- [57] Papula, L. (2001). Mathematik für Ingenieure und Naturwissenschaftler Band 3. Vektoranalysis, Wahrscheinlichkeitsrechnung, Mathematische Statistik, Fehler- und Ausgleichsrechnung. Braunschweig: Viewegs Fachbücher der Technik, 4. Auflage.

SITZUNG 2

NORMEN, RICHTLINIEN, VERORDNUNGEN

Sitzungsleitung: J. Wesche, Leverkusen

ANWENDUNG DER EUROCODE-BRANDSCHUTZTEILE UND DER RESTNORM DIN 4102-4 IM BAUAUFSICHTLICHEN VERFAHREN

Klaus-Dieter Wathling

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Oberste Bauaufsicht, Berlin

EINLEITUNG

Seit dem 1. Quartal 2011 können die europäischen Bemessungsnormen – Eurocodes – im Vorgriff auf die bauaufsichtliche Einführung im Sinne einer gleichwertigen Lösung gemäß § 3 Abs. 3 der Musterbauordnung – MBO [1] abweichend von den bisher geltenden Technischen Baubestimmungen für die Planung, Bemessung und Ausführung von baulichen Anlagen angewendet werden. Mit der Bekanntmachung dieser europäischen Bemessungsnormen als Technische Baubestimmungen in den Bundesländern zum 1. Juli 2012 muss nunmehr die Bemessung der Standsicherheit tragender Bauteile im Brandfall nach den Eurocode-Brandschutzteilen erfolgen, und zwar aufgrund des Beschlusses der zuständigen Fachkommission Bautechnik der Bauministerkonferenz ohne Übergangsfristen. Grundsätzlich müssen die Konstruktionen zum Zeitpunkt der Erteilung einer Baugenehmigung den geltenden Technischen Baubestimmungen entsprechen. Aus Sicht der Obersten Bauaufsichtsbehörden der Bundesländer bestehen jedoch keine Bedenken, wenn ab dem 1. Juli 2012 bereits geplante und bemessene Konstruktionen nach den bisher bekannt gemachten „alten“ deutschen Normen ausgeführt werden und hierfür eine Abweichung von den Technischen Baubestimmungen in Anspruch genommen wird.

EUROCODE-BRANDSCHUTZTEILE

Folgende Eurocode-Brandschutzteile – jeweils mit einem zugeordneten Nationalen Anhang – sind als Technische Baubestimmungen bauaufsichtlich eingeführt, und zwar die technischen Regeln zu den Brandeinwirkungen auf Tragwerke:

- DIN EN 1991-1-2 und DIN EN 1991-1-2/NA

und die baustoffbezogenen Bemessungsregeln in ihren konsolidierten, d. h. fehlerbereinigten Ausgaben Dezember 2010 (sofern nicht anders angegeben):

- DIN EN 1992-1-2 und DIN EN 1992-1-2/NA für Stahlbeton- und Spannbetontragwerken
- DIN EN 1993-1-2 und DIN EN 1993-1-2/NA für Stahlbauten
- DIN EN 1994-1-2 und DIN EN 1994-1-2/NA für Verbundtragwerke aus Stahl und Beton
- DIN EN 1995-1-2 und DIN EN 1995-1-2/NA für Holzbauten

- DIN EN 1999-1-2 und DIN EN 1999-1-2/NA Ausgabe April 2011 für Aluminiumtragwerke

Für die Bemessung von Mauerwerk stehen die Eurocodes noch nicht vollständig zur Verfügung; eine Brandschutzbemessung von Mauerwerksbauteilen nach europäischen Regelungen ist daher zurzeit noch nicht möglich.

Die Festlegungen der als Technische Baubestimmungen eingeführten baustoffbezogenen Eurocode-Brandschutzteile ersetzen somit die Bemessungsregeln für tragende Bauteile nach DIN 4102-4 Ausgabe März 1994 bzw. DIN 4102-22 Ausgabe November 2004.

In den Nationalen Anhängen werden nur zu den Stellen der Eurocode-Brandschutzteile die für Deutschland maßgebenden Festlegungen getroffen, die in der Norm selbst für nationale Festlegungen vorgesehen sind. Bauaufsichtliche Anwendungsfestlegungen können jedoch nicht Inhalt der Nationalen Anhänge sein und werden daher als Anlagen in der Muster-Liste der Technischen Baubestimmungen [2] formuliert. Werden mit diesen Anlagen die technischen Regeln geändert oder ergänzt, gehören auch die Änderungen oder Ergänzungen zum Inhalt der Technischen Baubestimmungen.

RESTNORM DIN 4102-4

Die DIN 4102-4 Ausgabe März 1994 ist ein Katalog geprüfter und klassifizierter Baustoffe und Bauteile, die nach deutschen Normen hergestellt bzw. ausgeführt werden. Die Prüfungen und Klassifizierungen dieser Baustoffe und Bauteile erfolgten nach den entsprechenden DIN 4102-Normteilen; für die Feuerwiderstandsfähigkeit von Bauteilen und Sonderbauteilen erfolgt die Klassifizierung mit den Klassen F 30 bis F 180.

Seit einigen Jahren erfolgt die Überarbeitung der DIN 4102-4 und damit die Schaffung einer sog. Restnorm, in der alle den Eurocode-Brandschutzteilen entgegen stehenden bisherigen Regelungen gestrichen werden. Erfolgt eine Bemessung tragender Bauteile bei Umgebungstemperatur nach den Eurocodes, muss die Bemessung im Brandfall nach den Eurocode-Brandschutzteilen erfolgen. Da in den Eurocode-Brandschutzteilen Regelungen für die konstruktive Ausführung tragender Bauteile nicht in dem bisher bekannten Umfang zur Verfügung stehen, sollen diese Festlegungen in die Restnorm DIN 4102-4 überführt werden, wie auch deutsche Sonderlösungen für tragende Bauteile. Hauptbestandteil der Restnorm DIN 4102-4 werden aber die Regelungen für nichttragende Bauteile sein, denn Festlegungen zu raumabschließenden Bauteilen sind – mit Ausnahme für Stahlbeton- und Spannbetondecken sowie künftig für Mauerwerkswände – in den Eurocode-Brandschutzteilen nicht enthalten. Für die Ausführung der nichttragenden Bauteile müssen zudem die europäischen Bauproduktnormen für die einzelnen Bauteilbestandteile berücksichtigt werden.

Näheres zur Erarbeitung der Restnorm DIN 4102-4, die auch noch benötigte Regelungen der DIN 4102-22 beinhalten wird, ist in [3] dargestellt.

MUSTER-LISTE DER TECHNISCHEN BAUBESTIMMUNGEN

Für die Bemessung von feuerwiderstandsfähigen Bauteilen bedarf es technischer Regeln, die für geregelte Bauarten im Sinne des § 21 Abs. 1 MBO als Technische Baubestimmungen bekannt gemacht werden. Handelt es sich um Bauteile nicht geregelter Bauart, können die dann erforderlichen bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweise (allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen, allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnisse oder auch Zustimmungen im Einzelfall für einzelne Bauvorhaben) Angaben zur Feuerwiderstandsfähigkeit enthalten.

Als Technische Baubestimmungen werden von den Bundesländern die bauaufsichtlich zu beachtenden technischen Regeln für die Planung, Bemessung und Konstruktion baulicher Anlagen und ihrer Teile eingeführt, die zur Erfüllung der Grundanforderungen des Bauordnungsrechts unerlässlich sind. Neben diesem Kernbestand technischer Regeln kann aber auch auf nicht eingeführte technische Regeln zurück gegriffen werden, sofern es sich dabei um allgemein anerkannte Regeln der Technik handelt. Technische Baubestimmungen sind allgemein verbindlich, da sie nach den Landesbauordnungen beachtet werden müssen. Die Einführung der Technischen Baubestimmungen geschieht in den Bundesländern auf der Grundlage einer Muster-Liste der Technischen Baubestimmungen, die von der Fachkommission Bautechnik der Bauministerkonferenz erarbeitet und zur Zeit zweimal jährlich fortgeschrieben wird. Aktuell liegt die Muster-Liste der Technischen Baubestimmungen Teil I – Fassung Dezember 2011 – (M-LTB 12/2011) vor, die von allen Bundesländern umgesetzt wurde und die ab 1. Juli 2012 gilt. Die bisher bekannt gemachten „alten“ deutschen Planungs-, Bemessungs- und Ausführungsnormen werden durch die europäischen Bemessungsnormen – Eurocodes – ersetzt. Das Inhaltsverzeichnis der M-LTB 12/2011 zeigt Bild 1.

Teil I: Technische Regeln für die Planung, Bemessung und Konstruktion baulicher Anlagen und ihrer Teile			
Inhalt			
1	Technische Regeln zu Grundlagen der Tragwerksplanung und Einwirkungen	3	Technische Regeln zum Brandschutz
2	Technische Regeln zur Bemessung und zur Ausführung	4	Technische Regeln zum Wärme- und zum Schallschutz
2.1	Grundbau	4.1	Wärmeschutz
2.2	Mauerwerksbau	4.2	Schallschutz
2.3	Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonbau	5	Technische Regeln zum Bautenschutz
2.4	Metall- und Verbundbau	5.1	Schutz gegen seismische Einwirkungen
2.5	Holzbau	5.2	Holzschutz
2.6	Bauteile	6	Technische Regeln zum Gesundheitsschutz
2.7	Sonderkonstruktionen	7	Technische Regeln als Planungsgrundlagen

Bild 1 Inhaltsverzeichnis der M-LTB 12/2011

Der Brandfall wird nach den europäischen Bemessungsnormen als Einwirkung aufgefasst. Aus diesem Grund wird in Abschnitt 1 der M-LTB 12/2011 der Eurocodeteil zu den Brandeinwirkungen zusammen mit dem Nationalen Anhang und einer Anlage als Technische Baubestimmung eingeführt (Bild 2).

1 Technische Regeln zu Grundlagen der Tragwerksplanung und Einwirkungen				
Kenn./ Lfd. Nr.	Bezeichnung	Titel	Ausgabe	Bezugs- quelle/ Fundstelle
1	2	3	4	5
1.1	DIN EN 1990 Anlage 1.1/1 DIN EN 1990/NA	Eurocode - Grundlagen der Tragwerksplanung Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung	Dezember 2010 Dezember 2010	*) *)
1.2	DIN EN 1991	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke		
	-1-1 -1-1/NA	-, Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke - Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke – Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau	Dezember 2010 Dezember 2010	*) *)
	-1-2 -1-2/NA Anlage 1.2/1	- Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen - Brandeinwirkungen auf Tragwerke Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen - Brandeinwirkungen auf Tragwerke	Dezember 2010 Dezember 2010	*) *)

Bild 2 *Auszug Abschnitt 1 der M-LTB 12/2011*

Nach Abschnitt 3 der DIN EN 1992-1-2 können die Brandeinwirkungen für die Bemessung tragender und aussteifender Bauteile nach nominellen Temperaturzeitkurven oder Naturbrandmodellen ermittelt werden. DIN EN 1992-1-2/NA legt fest, dass für die zu erbringenden brandschutztechnischen Nachweise bei Tragwerken im Hochbau in der Regel die Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK) anzuwenden ist; Nachweise auf der Basis von Naturbrandmodellen sollen nur im Zusammenhang mit einem Brandschutzkonzept erstellt werden. Hierbei muss allerdings die Anlage 1.2/1 beachtet werden, nach der der Abschnitt 3.3 „von der Einführung ausgenommen ist“. Künftig soll aber mit dieser Anlage die Bemessung aufgrund leistungsabhängiger Festlegungen möglich gemacht werden und damit die Anwendung der Naturbrandmodelle, d. h. vereinfachter oder allgemeiner Brandmodelle nach den Abschnitten 3.3.1 und 3.3.2 der DIN EN 1992-1-2 für einen „realen Brand“.

Die Bemessung tragender Bauteile im Brandfall erfolgt mit den baustoffbezogenen Eurocode-Brandschutzteilen, die in den Abschnitten 2.3 bis 2.5 der M-LTB 12/2011 aufgeführt sind; einen Auszug zeigt Bild 3. Im Rahmen öffentlich geförderter Forschungsvorhaben [4] konnte durch umfangreiche Vergleichsrechnungen nachgewiesen werden, dass das bisherige deutsche Sicherheits-

niveau bei der Bemessung der Standsicherheit tragender Bauteile im Brandfall und Anwendung der DIN 4102-4 auch bei Anwendung der Eurocode-Brandschutzteile zusammen mit den Nationalen Anhängen gewahrt bleibt.

Kenn./ Lfd. Nr.	Bezeichnung	Titel	Ausgabe	Bezugs- quelle/ Fundstelle
1	2	3	4	5
2.3.2	DIN EN 1992	Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken		
	-1-1 Anlage 2.3/4 -1-1/NA	- Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau	Januar 2011 Januar 2011	*) *)
	-1-2 Anlage 2.3/5 -1-2/NA	- Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall	Dezember 2010 Dezember 2010	*) *)

Bild 3 Auszug Abschnitt 2.3 der M-LTB 12/2011

Die Anwendung tabellarischer Daten (Nachweisverfahren der Stufe 1) ist für Bauteile aus Stahlbeton und für Verbundbauteile aus Stahl und Beton möglich. Die Tabellen entsprechen im Wesentlichen denen der DIN 4102-4. In diesen Tabellen nach Abschnitt 5 der DIN EN 1992-1-2. werden die Bauteile den Feuerwiderstandsklassen R 30 bis R 240 bzw. für Decken den Klassen REI 30 bis REI 240 nach DIN EN 13501-2 Ausgabe Februar 2010 zugeordnet, nach Abschnitt 4.1 der DIN EN 1994-1-2 nur den Klassen R 30 bis R 180. Das Klassifizierungskriterium „R“ steht für Tragfähigkeit im Brandfall, „EI“ für Raumabschluss und Wärmedämmung. Grundlage der Tabellen ist die Brandbeanspruchung nach der Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK).

Die baustoffbezogenen Eurocode-Brandschutzteile bieten auch die Möglichkeit der Anwendung rechnerischer Verfahren zum Nachweis der Standsicherheit im Brandfall. Es werden vereinfachte Rechenverfahren (Nachweisverfahren der Stufe 2) und allgemeine Rechenverfahren (Nachweisverfahren der Stufe 3) zur Verfügung gestellt, die in Statik-Rechenprogramme integriert werden können. Die Vorteile allgemeiner Rechenverfahren ergeben sich insbesondere im Zusammenhang mit der Anwendung von Naturbrandmodellen; allgemeinen Rechenverfahren kann aber auch die ETK-Brandbeanspruchung zugrunde liegen.

Bei der Anwendung aller baustoffbezogenen Eurocode-Brandschutzteile muss die Anlage 2.3/5 beachtet werden, die insbesondere Festlegungen bei der Anwendung allgemeiner Rechenverfahren (Nachweisverfahren der Stufe 3) enthält (Bild 4).

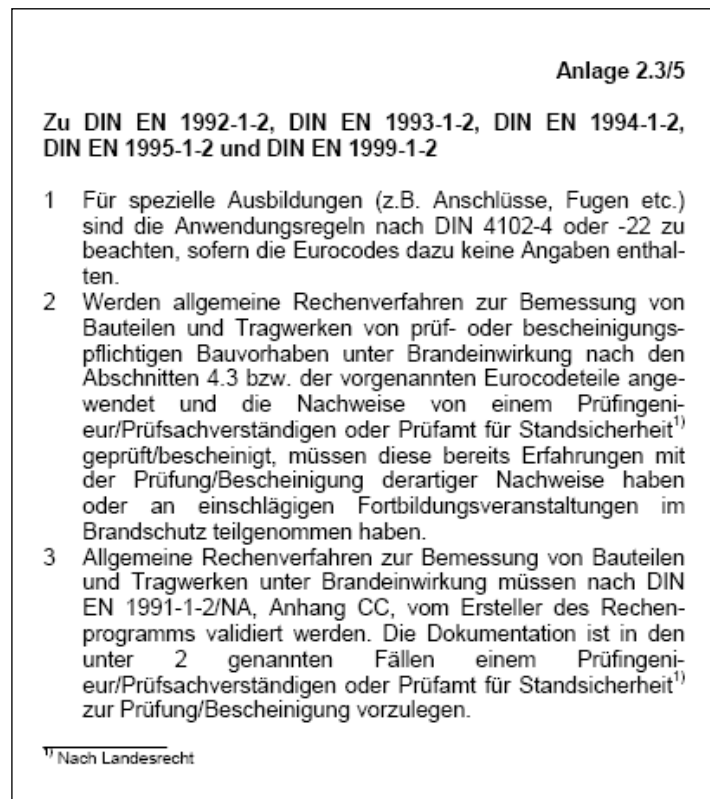


Bild 4 Anlage 2.3/5 der M-LTB 12/2011

Werden allgemeine Rechenverfahren zum Nachweis der Standsicherheit im Brandfall, d. h. zur Bemessung von Bauteilen und Tragwerken unter Brandeinwirkung angewendet, müssen die Nachweise grundsätzlich von einem dafür qualifizierten Prüfsachverständigen/Prüfamt für Standsicherheit geprüft werden, der sich mindestens in der Prüfung/Bescheinigung derartiger Nachweise fortgebildet haben muss. Aufgrund dieser Notwendigkeit wird die Muster-Bauvorlagenverordnung – MBauVorlV [5] in Anlage 2 „Kriterienkatalog nach § 14 Abs. 3“ dahin gehend ergänzt werden, dass allgemeine Rechenverfahren zum Nachweis der Standsicherheit unter Brandeinwirkung nicht angewendet werden, ebenso wenig wie Naturbrandmodelle für die Brandeinwirkung. Denn bei Einhaltung dieses Kriterienkatalogs ist nach den Regelungen des § 66 Abs. 3 MBO die Prüfung des Standsicherheitsnachweises bei Gebäuden der Gebäudeklassen 1 bis 3 nicht erforderlich. Mit der Ergänzung des Kriterienkatalogs wird sichergestellt, dass bei Anwendung von Nachweisverfahren der Stufe 3 und von Naturbrandmodellen jeder Standsicherheitsnachweis – einschließlich des Bestandteils Nachweis der Standsicherheit im Brandfall – dem „4-Augen-Prinzip“ unterworfen wird.

Sind in den baustoffbezogenen Eurocode-Brandschutzteilen Angaben zu speziellen Ausbildungen und Ausführungen nicht enthalten, sind weiterhin die Anwendungsregelungen der DIN 4102-4 bzw. DIN 4102-22 zu beachten. Denn alle Festlegungen dieser Normen, die nicht durch die baustoffbezogenen

Eurocode-Brandschutzteile ersetzt werden, bleiben weiterhin bauaufsichtlich eingeführt.

TECHNISCHE BAUBESTIMMUNGEN DIN 4102-4 UND DIN 4102-22

In Abschnitt 3 „Technische Regeln zum Brandschutz“ der M-LTB 12/2011 sind die noch geltenden Normteile DIN 4102-4 einschließlich der Änderung A1 und DIN 4102-22 (als Anwendungsnorm zu DIN 4102-4 auf der Bemessungsbasis von Teilsicherheitsbeiwerten) aufgeführt (Bild 5).

3 Technische Regeln zum Brandschutz				
3.1	DIN 4102 Anlage 3.1/1	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen		
	-4 Anlage 3.1/2	- ; Teil 4: Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile	März 1994	*)
	-4/A1 Anlage 3.1/3	- ; Teil 4: Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile; Änderung A1	November 2004	*)
	-22 Anlage 3.1/4	- ; Teil 22: Anwendungsnorm zu DIN 4102-4 auf der Bemessungsbasis von Teilsicherheitsbeiwerten	November 2004	*)

*) Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin

Bild 5 Auszug Abschnitt 3 der M-LTB 12/2011

Die Anlagen 3.1/3 und 3.1/4 beziehen sich auf die Ermittlung von Feuerwiderstandsklassen für Wände aus Mauerwerk und Wandbauplatten einschließlich Pfeilern und Stützen bzw. auf die Einstufung von Mauerwerk in Feuerwiderstandsklassen, das nach dem Sicherheitskonzept entsprechend DIN 1053-100 Ausgabe November 1996 bemessen worden ist.

Um eine Parallelgeltung von technischen Regeln für die Bemessung tragender Bauteile auszuschließen, ist die Anlage 3.1/1 zu beachten, die festlegt, dass für die Bemessung tragender Bauteile im Brandfall die baustoffbezogenen Eurocode-Brandschutzteile gelten (Bild 6).

Anlage 3.1/1
Für die Tragwerksbemessung im Brandfall der lfd. Nrn. 2.3.2, 2.4.1, 2.4.2, 2.4.3 und 2.5.1 gelten die dort aufgeführten technischen Regeln.

Bild 6 Anlage 3.1/ 1 der M-LTB 12/2011

Nach Fertigstellung der Restnorm DIN 4102-4 wird diese in die M-LTB aufgenommen werden. Übergangsweise kann aber auf Regelungen der geltenden Technischen Baubestimmungen zurück gegriffen werden, wenn in den baustoffbezogenen Eurocode-Brandschutzteilen Festlegungen fehlen.

BAUORDNUNGSRECHTLICHE ANFORDERUNGEN

Nach § 27 Abs. 1 MBO müssen tragende und aussteifende Wände und Stützen im Brandfall ausreichend lang standsicher sein, ebenso wie Decken gemäß § 31 Abs. 1 MBO als tragende und raumabschließende Bauteile zwischen Geschossen. Für das Standardgebäude, d. h. für ein Gebäude, das kein Sonderbau gemäß § 2 Abs. 4 MBO ist, wird dieses Schutzziel mit den für die Gebäude der entsprechenden Gebäudeklassen gemäß § 2 Abs. 3 MBO festgelegten bauaufsichtlichen Anforderungen an die Feuerwiderstandsfähigkeit der Bauteile, nämlich feuerhemmend, hochfeuerhemmend bzw. feuerbeständig konkretisiert. Bei tragenden und aussteifenden Bauteilen bezieht sich die Feuerwiderstandsfähigkeit auf deren Standsicherheit im Brandfall, bei raumabschließenden Bauteilen zusätzlich auf deren Widerstand gegen die Brandausbreitung. Dieses globale bauaufsichtliche Anforderungssystem ist auf Feuerwiderstandsklassen ausgerichtet. Dabei erfolgt die Beurteilung der Feuerwiderstandsfähigkeit von Bauteilen auf der Grundlage von Brandprüfungen nach der Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK). Dies führt zu Einstufungen in Feuerwiderstandsklassen, die gemäß Bauregelliste A Teil 1, Anlagen 0.1.1 und 0.1.2 [6] den bauaufsichtlichen Anforderungen zugeordnet werden, und zwar zu den deutschen Feuerwiderstandsklassen nach DIN 4102-2:1977-09 (Bild 5) und zu den europäischen Feuerwiderstandsklassen nach DIN EN 13501-2:2010-02 (Bild 6).

Anlage 0.1.2 (2009/1)						
Die nach DIN EN 13501-2 und DIN EN 13501-3 und DIN EN 13501-4 klassifizierten Eigenschaften zum Feuerwiderstandsverhalten entsprechen folgenden Anforderungen in bauaufsichtlichen Verwendungsvorschriften:						
Tabelle 1: Feuerwiderstandsklassen von Bauteilen nach DIN EN 13501-2 und ihre Zuordnung zu den bauaufsichtlichen Anforderungen						
Bauaufsichtliche Anforderung	Tragende Bauteile		Nichttragende Innenwände	Nichttragende Außenwände	Doppelböden	Selbständige Unterdecken
	ohne Raumabschluss ¹	mit Raumabschluss ¹				
feuerhemmend	R 30	REI 30	EI 30	E 30 (i→o) und EI 30-ef (i←o)	REI 30	EI 30(a↔b)
hochfeuerhemmend	R 60	REI 60	EI 60	E 60 (i→o) und EI 60-ef (i←o)		EI 60(a↔b)
feuerbeständig	R 90	REI 90	EI 90	E 90 (i→o) und EI 90-ef (i←o)		EI 90(a↔b)
Feuerwiderstandsfähigkeit 120 Min.	R 120	REI 120	--	--		--
Brandwand	--	REI 90-M	EI 90-M	--		--

¹ Für die mit reaktiven Brandschutzsystemen beschichteten Stahlbauteile ist die Angabe IncSlow gemäß DIN EN 13501-2 zusätzlich erforderlich.

Bild 5 *Anlage 0.1.1 der Bauregelliste A Teil 1*

Anlage 0.1.1 (2004/1)		
Die in DIN 4102-2:1977-09, Abschnitt 8.8.2, Tabelle 2 angegebenen Bezeichnungen entsprechen folgenden Anforderungen in bauaufsichtlichen Verwendungsvorschriften:		
Tabelle 1		
Bauaufsichtliche Anforderungen	Klassen nach DIN 4102-2	Kurzbezeichnung nach DIN 4102-2
feuerhemmend	Feuerwiderstandsklasse F 30	F 30 - B1)
feuerhemmend und aus nichtbrennbaren Baustoffen	Feuerwiderstandsklasse F 30 und aus nichtbrennbaren Baustoffen	F 30 - A1)
hochfeuerhemmend	Feuerwiderstandsklasse F 60 und in den wesentlichen Teilen aus nichtbrennbaren Baustoffen	F 60 - AB2)
	Feuerwiderstandsklasse F 60 und aus nichtbrennbaren Baustoffen	F 60 - A2)
feuerbeständig	Feuerwiderstandsklasse F 90 und in den wesentlichen Teilen aus nichtbrennbaren Baustoffen	F 90 - AB3) 4)
feuerbeständig und aus nichtbrennbaren Baustoffen	Feuerwiderstandsklasse F 90 und aus nichtbrennbaren Baustoffen	F 90 - A3) 4)
¹ bei nichttragenden Außenwänden auch W 30 zulässig ² bei nichttragenden Außenwänden auch W 60 zulässig ³ bei nichttragenden Außenwänden auch W 90 zulässig ⁴ nach bestimmten bauaufsichtlichen Verwendungsvorschriften einiger Länder auch F 120 gefordert		

Bild 6 Anlage 0.1.2 der Bauregelliste A Teil 1

ANWENDUNG VON NATURBRANDMODELLEN

Nach Abschnitt 3.3 der DIN EN 1991-1-2 können die Brandeinwirkungen für die Bemessung tragender und aussteifender Bauteile nach Naturbrandmodellen ermittelt werden. Die bauaufsichtliche Anwendung dieses Abschnittes soll in einer Neufassung der Anlage 1.2/1 der M-LTB geregelt werden, zusammen mit notwendigen inhaltlichen Korrekturen und Ergänzungen zum Anhang BB „Eingangsdaten für die Anwendung von Naturbrandmodellen“ der DIN EN 1991-1-2/NA in Form bauaufsichtlicher Mindestvorgaben für einige der zu wählenden Eingangsparameter. Bei dem Anhang BB handelt es sich um ein übergreifendes Sicherheitskonzept für die Bemessung von Bauteilen und Tragwerken unter Brandeinwirkung von Bauwerken unterschiedlichster Bauweisen und Nutzungen, das das Zusammenwirken der baulichen, anlagentechnischen und abwehrenden Brandschutzmaßnahmen in einem Gesamtsystem und den Ausfall einzelner Maßnahmen berücksichtigt. Damit können künftig allgemeine Bemessungsverfahren regelmäßig für den Nachweis der Standsicherheit im Brandfall insbesondere bei Sonderbauten angewendet werden. Bereits heute sind brandschutztechnische Bemessungen auf der Grundlage von Naturbrandszenarien bei großen Sonderbauten oder Gebäuden besonderer Bauart, beispielsweise bei Atrien üblich, allerdings ohne dass diesen ein allgemein verbindliches Sicherheitskonzept zugrunde liegt.

Grundsätzlich muss bei der Anwendung von Naturbrandmodellen das Folgende beachtet werden:

- Bauteilbemessungen auf der Grundlage von Naturbrandmodellen stellen auf die jeweilige konkrete Nutzung und Ausgestaltung eines Raums oder Gebäudes unter Berücksichtigung der vorhandenen brandschutztechnischen Infrastruktur ab. Da eine solche Bauteilbemessung das auf Feuerwiderstandsklassen ausgerichtete globale bauaufsichtliche Anforderungssystem nicht vollständig abdeckt, bedarf die Wahl der Brandeinwirkung nach einem Naturbrandmodell sowie die Bemessung des Feuerwiderstands für diese Brandeinwirkung der Zulassung einer bauordnungsrechtlichen Abweichung nach § 67 Abs. 1 MBO; sie kann auch im Rahmen des § 51 MBO zugelassen werden.
- Im Rahmen der vom Bauherrn zu beantragenden bauordnungsrechtlichen Abweichung nach § 67 MBO kann die Bauaufsichtsbehörde Abweichungen von gesetzlichen Anforderungen – wie den Anforderung an die Feuerwiderstandsfähigkeit von Bauteilen – zulassen, wenn sie unter Berücksichtigung des Zwecks der jeweiligen Anforderung und unter Würdigung der öffentlich-rechtlich geschützten nachbarlichen Belange mit den öffentlichen Belangen, insbesondere den Grundanforderungen des Bauordnungsrechts gemäß § 3 Abs. 1 MBO vereinbar sind. Einer Zulassung einer Abweichung bedarf es nach der Regelung des § 67 MBO allerdings dann nicht, wenn der Standsicherheitsnachweis durch einen Prüfsachverständigen bescheinigt wird; der Prüfsachverständige beurteilt im Rahmen der Prüfung des Standsicherheitsnachweises, ob von den Anforderungen abgewichen werden kann.
- Nach § 51 MBO können an Sonderbauten im Einzelfall zur Verwirklichung der allgemeinen Anforderungen nach § 3 Abs. 1 MBO besondere Anforderungen gestellt werden. Es können aber auch Erleichterungen gestattet werden, soweit es der Einhaltung von Vorschriften wegen der besonderen Art oder Nutzung baulicher Anlagen oder Räume oder wegen besonderer Anforderungen nicht bedarf.
- Im Nachweis des Brandschutzes gemäß § 11 Abs. 1 der MBauVorIV (Brandschutznachweis) muss angegeben werden, weshalb es einer ETK-Brandbeanspruchung nicht bedarf. Es muss dargestellt und begründet werden, dass das gewählte Brandmodell für das Vorhaben geeignet ist und wie die damit zwangsläufig verbundene eingeschränkte Nutzung des Vorhabens (z. B. aufgrund begrenzter Brandlasten) sichergestellt werden soll. Die zulässige Art der Nutzung des Bauvorhabens (z. B. als Bürogebäude) wird durch die – gewählten und durch die Baugenehmigung festgelegten – Eingangsparameter für die Ermittlung der Brandbeanspruchung (raumbezogen) konkretisiert und begrenzt. Es sind daher bereits im Brandschutznachweis geeignete Maßnahmen festzulegen, die die Einhaltung dieser Nutzungsbeschränkung sicherstellen. Dazu kommen insbesondere die Bestellung eines Brandschutzbeauftragten (als Betriebsvorschrift) für die diesbezügliche Überwachung des laufenden Betriebs sowie eine Überprüfung der Brandlastannahmen innerhalb des ersten Jahres nach Aufnahme der Nutzung und wiederkehrende Überprüfungen durch einen Prüfsachverständigen für Brandschutz in Betracht.

- Für den Nachweis der Standsicherheit gemäß § 10 Abs. 1 der MBauVorIV (Standsicherheitsnachweis) sind zusätzlich die für die Beurteilung der Brandeinwirkungen erforderlichen Unterlagen, insbesondere für die Ermittlung der thermischen Einwirkungen und die bemessungsrelevanten Brand-szenarien einschließlich der entsprechenden Bemessungsbrände vorzu-legen. Diese Unterlagen müssen vollständig, nachvollziehbar und prüfbar sein; die thermischen Einwirkungen sind raumbezogen zu ermitteln und zu dokumentieren.
- Grundsätzlich muss jeder Standsicherheitsnachweis tragender Bauteile auf der Grundlage von Naturbrandmodellen bauaufsichtlich geprüft oder be-scheinigt werden. Der mit der Prüfung/Bescheinigung des Standsicherheits-nachweises nach § 66 Abs. 3 MBO beauftragte Prüfsachverständige muss entweder zugleich Prüfsachverständiger für Brandschutz sein oder für die Beurteilung der Brandeinwirkungen einen mit derartigen Brandmodellen erfahrenen Prüfsachverständigen für Brandschutz heranziehen. Im Rahmen der Beurteilung der Brandein-wirkung sind alle Eingangsparameter auf Vollständigkeit und Richtigkeit zu überprüfen; nur stichprobenartige oder Plausibilitätsprüfungen genügen nicht.
- Im Brandschutznachweis muss auch dargestellt werden, wie die nach Natur-brandmodellen bemessenen Bauteile des Tragwerks mit den erforderlichen (klassifizierten) raumabschließenden Bauteilen (wie Brand- und Trenn-wände, Decken, Wände notwendiger Treppenträume und Flure) zu einem geeigneten Brandschutzkonzept zusammengeführt werden sollen. Dazu gehören auch Aussagen zu den Anschlüssen brandschutztechnisch unter-schiedlich bemessener Bauteile. Die Anforderungen der MBO, der Muster-Sonderbauverordnungen und Muster-Richtlinien an raumabschließende Bauteile müssen berücksichtigt werden. Bauteile, deren Raumabschluss mit deutschen F-Klassen klassifiziert ist, können der DIN 4102-4 entnommen werden oder aber den bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweisen. Lie-gen für Bauteile wie Betonfertigteile harmonisierte europäische Bauprodukt-normen vor, finden sich Angaben zum europäisch klassifizierten Raumab-schluss (Kriterium E nach DIN EN 13501-2) in der CE-Kennzeichnung.

Bis zur bauaufsichtlichen Einführung der Neufassung der Anlage 1.2/1 der M-LTB besteht die Möglichkeit der Anwendung von Naturbrandmodellen im Rah-men der Abweichung von Technischen Baubestimmungen gemäß § 3 Abs. 3 MBO.

ABWEICHUNG VON TECHNISCHEN BAUBESTIMMUNGEN

Die Abweichung von Technischen Baubestimmungen gemäß § 3 Abs. 3 MBO bedarf keiner behördlichen Entscheidung, weil sie ausdrücklich nur unter der Bedingung zulässig ist, dass die allgemeinen Anforderungen des § 3 Abs. 1 MBO „in gleichem Maße erfüllt“ werden. Es handelt sich hierbei um die Abwei-chung von einer durch die Technische Baubestimmung vorgegebenen Pla-

nungsgrundlage oder der Art der Bemessung bzw. Ausführung. Eine Begründung oder ein „Nachweis“ über die Art der Abweichung oder über die Einhaltung des vorgegebenen Anforderungsniveaus ist in der Musterbauordnung nicht formalisiert. Das bedeutet, dass Planende und Bauausführende im Rahmen ihres Wirkungskreises die Verantwortung dafür tragen, ob mit einer anderen Lösung in gleichem Maße die bauordnungsrechtlichen Anforderungen erfüllt werden. Will der Entwurfsverfasser oder der von ihm herangezogene Fachplaner bei der Planung und Bemessung Abweichungen von Technischen Baubestimmungen in Anspruch nehmen, sind diese Abweichungen im bautechnischen Nachweis gemäß § 66 Abs. 1 MBO anzugeben und zu begründen. Mit bautechnischen Nachweisen nach § 66 Abs. 1 MBO ist die Einhaltung der bauordnungsrechtlichen Anforderungen an die Standsicherheit, den Brand-, Schall-, Wärme- und Erschütterungsschutz nachzuweisen. Unterliegen Standsicherheits- oder Brandschutznachweise gemäß § 66 Abs. 3 MBO dem „4-Augen-Prinzip“ und müssen daher bauaufsichtlich geprüft oder durch einen Prüfsachverständigen bescheinigt werden, wird die Bauaufsichtsbehörde (bzw. der in ihrem Auftrag tätige Prüfsachverständige) oder der Prüfsachverständige eine andere technische Lösung in Hinblick auf die Erfüllung der bauordnungsrechtlichen Anforderungen auf einem anderen, alternativen Weg überprüfen [7].

LITERATURHINWEISE

- [1] Musterbauordnung – MBO – Fassung November 2002, zuletzt geändert durch Beschluss der Bauministerkonferenz vom Oktober 2008 *)
- [2] Muster-Liste der Technischen Baubestimmungen *)
- [3] Hahn, Chr.: DIN 4102-4 – Ergänzende Regelungen zu den Brandschutzteilen der Eurocodes. In: Hosser, D (Hrsg.): Braunschweiger-Brandschutz-Tage 2011, Tagungsband. Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz, Technische Universität Braunschweig, Heft 214, 2011
- [4] veröffentlicht im Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB, www.baufachinformation.de
- [5] Muster einer Verordnung über Bauvorlagen und bauaufsichtliche Anzeigen (Musterbauvorlagenverordnung) - MBauVorIV - Fassung Februar 2007 *)
- [6] Bauregelliste A Teil 1 - Ausgabe 2012/1, Mitteilungen des Deutschen Instituts für Bautechnik, Berlin *)
- [7] Wathling, K.-D.: Bauaufsichtliche Behandlung von Abweichungen. In: Hosser, D (Hrsg.): Braunschweiger-Brandschutz-Tage 2008, Tagungsband. Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz, Technische Universität Braunschweig, Heft 202, 2008
- *) veröffentlicht im Internet-Informationssystem der Bauministerkonferenz „is-argebau“, unter www.bauministerkonferenz.de

NEUE DIN 4102-4 – REGELUNGEN ZUM BRANDVERHALTEN VON BETONBAUTEILEN

Mathias Tillmann

Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau e. V., Bonn

EINLEITUNG

Am 1. Juli 2012 wurde das erste Paket der Eurocodes in Deutschland als Technische Baubestimmungen bauaufsichtlich eingeführt und entgegenstehende nationale Normen wurden zurückgezogen. Für die Brandschutzbemessung von Betonbauteilen hat der Teil 1-2 von Eurocode 2 als DIN EN 1992-1-2 mit dem Nationalen Anhang DIN EN 1992-1-2/NA [1] wesentliche Teile von DIN 4102-4 [2] ersetzt. Allerdings wird DIN 4102-4 auch weiterhin von großer Bedeutung für die Brandschutzbemessung in Deutschland sein.

Der folgende Beitrag befasst sich kurz mit den Inhalten des Eurocode 2 Teil 1-2, um dann die Grenzen dieser europäischen Bemessungsnorm für den Brandschutz aufzuzeigen und zu erklären, warum ergänzende Regelungen aus DIN 4102-4 in Deutschland erforderlich sind.

INHALT VON EUROCODE 2 TEIL 1-2

Der Eurocode 2 (EC 2) Teil 1-2 bietet mehrere Möglichkeiten der Brandschutzbemessung (Bild 1):

- Brandschutztechnische Einstufung einzelner Bauteile mit Hilfe von tabellarischen Daten (Stufe 1);
- Nachweise von Einzelbauteilen oder Teiltragwerken mit Hilfe von vereinfachten Rechenverfahren (Stufe 2);
- Heißbemessung mit allgemeinen Rechenverfahren (Stufe 3).

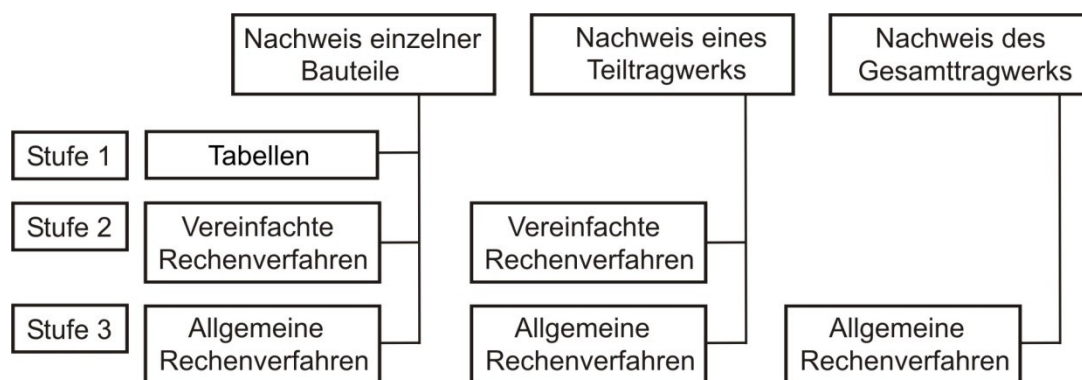


Bild 1 Übersicht über die Möglichkeiten der Heißbemessung nach Eurocode 2 Teil 1-2

Alle Verfahren dürfen – teilweise mit Einschränkungen – in Deutschland angewendet werden.

Als einfachste und schnellste Möglichkeit der Brandschutzbemessung können folgende Bauteile mit Hilfe von tabellarischen Daten nach EC 2 Teil 1-2, Abschnitt 5 nachgewiesen werden:

- Stützen nach Abschnitt 5.3;
- nichttragende und tragende Wände nach Abschnitt 5.4.1 und 5.4.2;
- Brandwände nach Abschnitt 5.4.3;
- Zugglieder nach Abschnitt 5.5;
- Stahlbeton- und Spannbetonbalken nach Abschnitt 5.6;
- statisch bestimmt und statisch unbestimmt gelagerte Platten nach Abschnitt 5.7.2 und 5.7.3;
- Flachdecken nach Abschnitt 5.7.4;
- Rippendecken nach Abschnitt 5.7.5.

Die Tabellenwerte sind häufig identisch mit denen nach DIN 4102-4:1994-03. Tabellarische Daten für Bauteile aus hochfestem Beton finden sich in EC 2 Teil 1-2, Abschnitt 6.4.3.

Eine wesentliche Ergänzung des Nationalen Anhangs zu EC 2 Teil 1-2 ist der normative Anhang AA mit einem vereinfachten Verfahren zum brandschutztechnischen Nachweis von Stahlbeton-Kragstützen. Dieses Verfahren wurde auf Anregung der Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau e.V. im Zuge eines DAfStb-Forschungsvorhabens am Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (iBMB) der Technischen Universität Braunschweig entwickelt [3].

GRENZEN DES EUROCODE 2 TEIL 1-2

Im Gegensatz zu DIN 4102-4 ist der „heiße“ Eurocode 2 jedoch kein Bauteilkatalog, in dem neben Bauteilen auch klassifizierte Bauarten und Konstruktionen wie Fugen, Stöße und Anschlüsse behandelt werden. Ursache hierfür war die Bauproduktenrichtlinie, die als gesetzliche Grundlage für alle europäischen Produktnormen lediglich die Bauprodukte selbst und nicht das Zusammenfügen der Bauprodukte behandelt. Da die Eurocodes Teil dieses europäischen Regelwerks sind, ist auch deren Inhalt weitgehend auf diesen Sachverhalt begrenzt.

Die Regelungen für Betonbauteile in DIN 4102-4 werden demnach nicht vollständig durch den Teil 1-2 von Eurocode 2 abgedeckt. Daher wird DIN 4102-4 vom Deutschen Institut für Normung e. V. auch nicht vollständig zurückgezogen, sondern in einer überarbeiteten Neufassung veröffentlicht.

Dieser Sachverhalt wird auch in der Muster-Liste der Technischen Baubestimmungen – Fassung Dezember 2011 – deutlich [4]. Hier wird in Anlage 2.3/5 zunächst darauf hingewiesen, dass die Tragwerksbemessung für den Brandfall zwar nach den jeweiligen Teilen 1-2 der Eurocodes erfolgen muss. Falls die Eurocodes jedoch zu speziellen Anwendungsregeln keine Aussagen treffen, sind weiterhin die Angaben in DIN 4102 Teil 4 [2] oder Teil 22 [5] zu beachten.

Die Grundlagen der Brandschutzbemessung werden in DIN 4102-4:1994-03, Abschnitt 1.2 beschrieben. So hängen die Feuerwiderstandsdauer und damit auch die Feuerwiderstandsklasse eines Bauteils im Wesentlichen von folgenden Einflüssen ab:

- Brandbeanspruchung;
- verwendeter Baustoff;
- Bauteilabmessungen;
- statisches System;
- Ausnutzungsgrad infolge äußerer Lasten;
- Anordnung von Bekleidungen;
- bauliche Ausbildung.

Der EC 2 Teil 1-2 gibt jedoch zu den letzten beiden Punkten nur wenige Hinweise. Gerade die bauliche Durchbildung ist jedoch von großer Bedeutung für die abschließende brandschutztechnische Beurteilung eines Tragwerks. Darüber hinaus fehlen in EC 2 Teil 1-2 Angaben zu speziellen Bauteilen wie Konsolen, Platten mit Hohlräumen oder Dächern.

Die deutschen Normenausschüsse und deren interessierte Kreise haben daher frühzeitig erkannt, dass weiterhin Bedarf an diesen Regelungen besteht und die Erarbeitung einer Neufassung von DIN 4102-4 in die Wege geleitet, um den Anwendern weiterhin umfassende Regelungen zur Verfügung zu stellen. Um die Anwenderfreundlichkeit von DIN 4102-4 zu erhöhen, wurde eine so genannte „Restnorm“ erarbeitet, die nur noch Ausführungsregeln aufweist, die nicht in den Eurocodes enthalten sind. Diese neue DIN 4102-4 soll Anfang 2013 als Entwurf (Gelbdruck) veröffentlicht und somit der Öffentlichkeit vorgestellt werden. Der Weißdruck soll dann bis Ende 2013 erscheinen. Bis dahin darf die bisherige DIN 4102-4 weiter angewendet werden.

DIE NEUE DIN 4102-4

Allgemeines

Die Neuausgabe von DIN 4102-4 wird aus technischer Sicht nur wenig neue Inhalte, sondern überwiegend bekannte Regeln wie Mindestdicken und Mindestachsabstände in Form von Tabellen enthalten. Begriffe und Formelzeichen

wurden weitgehend an die „Sprache“ der Eurocodes angepasst. Darüber hinaus wurden die Inhalte von DIN 4102 Teil 22 [5] ebenfalls in die Neuausgabe von DIN 4102-4 integriert, sofern die jeweiligen Gegenstände nicht bereits in den Eurocodes geregelt sind.

Die Neufassung von DIN 4102-4 enthält im Abschnitt „Betonbauteile“ u. a. Regelungen zu folgenden Bauteilen:

- Konsolen (Auszüge in Bild 2);
- Stahlbetonhohlplatten und –hohldielen;
- Balkendecken mit Zwischenbauteilen;
- Stahlbeton-Rippendecken;
- Ziegeldecken.

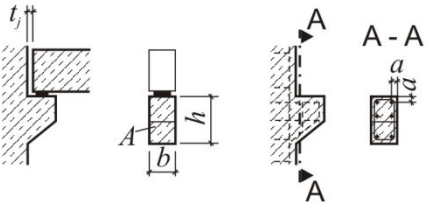
Konstruktionsmerkmale	Feuerwiderstandsklasse - Benennung				
	F 30-A	F 60-A	F 90-A	F 120-A	F 180-A
Stahlbetonkonsolen in Verbindung mit Stützen 					
Mindestbreite b in mm sowie Mindesthöhe h in mm am Anschnitt zur Stütze	110	120	170	240	320
Mindestquerschnittsfläche A am Anschnitt zur Stütze	$2 b^2$				

Bild 2 *Mindestdicken und Mindestachsabstände von Stahlbetonkonsolen nach DIN 4102-4*

Darüber hinaus werden ergänzende Regeln zu Balken, Platten, Stützen und Wänden aufgenommen, die in EC 2 Teil 1-2 nicht enthalten sind.

Die neue DIN 4102-4 wird zur brandschutztechnischen Einstufung weiterhin F-Klassen verwenden. Eine Übernahme von R(EI)-Klassen der europäischen Normen war nicht möglich, da hierfür andere (europäische) Prüf- und Klassifizierungsnormen maßgebend sind. Die parallele Verwendung unterschiedlicher Klassifizierungen stellt sicherlich aus der Sicht einiger Anwender zunächst einen Widerspruch dar. Die bauaufsichtlichen Anforderungen werden allerdings sowohl mit F- als auch mit R(EI)-Klassen erfüllt, wie Tabelle 1 zeigt, die in ähnlicher Form in die Neufassung von DIN 4102-4 aufgenommen wird.

Tabelle 1 Zuordnung der Feuerwiderstandsklassen zu den bauaufsichtlichen Anforderungen

Bauaufsichtliche Anforderung	Tragende Bauteile <u>ohne</u> Raumabschluss	Tragende Bauteile <u>mit</u> Raumabschluss	Nichttragende Innenwände
feuerhemmend	R 30 / F 30	REI 30 / F 30	EI 30 / F 30
hochfeuerhemmend	R 60 / F 60	REI 60 / F 60	EI 60 / F 60
feuerbeständig	R 90 / F 90	REI 90 / F 90	EI 90 / F 90
Brandwand	–	REI-M 90	EI-M 90
Kurzzeichen: R – Tragfähigkeit; E – Raumabschluss; I – Hitzeabschirmung unter Brandeinwirkung; M – Mechanische Einwirkung (Stoßbeanspruchung)			

Eine Einstufung einzelner Bauteile setzt sowohl bei F- als auch bei R(EI)-Klassen voraus, dass die unterstützenden bzw. anschließenden Bauteile mindestens derselben Feuerwiderstandsklasse angehören. So gehört z. B. ein Balken nur dann einer bestimmten Feuerwiderstandsklasse an, wenn auch die Konsole (oder andere Unterstützungen) sowie alle statisch bedeutsamen Aussteifungen und Verbände der entsprechenden Feuerwiderstandsklasse angehören.

Putzbekleidungen

Teil 1-2 von EC 2 enthält im Abschnitt 4.7 einige wenige Angaben zu Schutzschichten. Es wird lediglich ausgesagt, dass der erforderliche Feuerwiderstand durch Schutzschichten verbessert werden kann, wobei die Eigenschaften und das Verhalten des Materials der Schutzschichten durch Versuche beurteilt werden sollen. Diese Aussagen sind weder für den Entwurf noch für die Bemessung hilfreich.

Da das Verhalten von Putzschichten durch eine Reihe von Versuchen in Deutschland bereits vor vielen Jahren bewertet wurde, kann im direkten Anschluss an die Aussagen des Eurocode die Restnorm DIN 4102-4 ansetzen, in der die altbewährten Regelungen zu Putzbeschichtungen ergänzt werden (Auszüge in Tabelle 2).

Tabelle 2 Putzdicke als Ersatz für den Achsabstand a oder eine Querschnittsabmessung

Putzart	Erforderliche Putzdicke in mm als Ersatz für 10 mm Normalbeton	Maximal zulässige Putzdicke in mm
Putze ohne Putzträger nach DIN 4102-4, 5.1.4 (3):		
Putzmörtel der Gruppe P II und Gipskalkmörtel	15	20
Gipsmörtel und gipshaltige Mörtel	10	25
Putze auf Putzträgern nach DIN 4102-4, 5.1.4 (4)	8	25 ¹⁾
Putze auf Putzträgern nach DIN 4102-4, 5.1.4 (5)	5	30 ¹⁾
1) Gemessen über Putzträger		

ANSCHLÜSSE, FUGEN UND VERBINDUNGEN

Allgemeines

Wie oben erläutert behandelt EC 2 Teil 1-2 wichtige Themenbereiche wie Fugen, Verbindungen und Anschlüsse nur marginal. So wird im Abschnitt 4.6 des EC 2 Teil 1-2 lediglich darauf hingewiesen, dass Fugen mit den Brandschutzkriterien, die für die verbundenen Bauteile gelten, übereinstimmen und dabei eine ausreichende Tragfähigkeit der gesamten Konstruktion gewährleisten müssen. Eine Fuge, die diese Kriterien nach Ansicht der Verfasser des Eurocodes erfüllt, zeigt Bild 3.

Fugen zwischen Wänden oder andere Anschlüsse sind in EC 2 Teil 1-2 nicht enthalten.

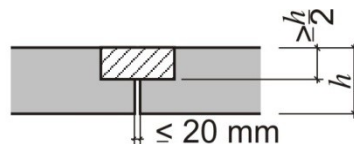


Bild 3 Fuge nach EC 2 Teil 1-2, Bild 4.4

Fugen zwischen Fertigteilplatten

Die Restnorm DIN 4102-4 besagt demgegenüber, dass weitere Fugenausbildungen zwischen Fertigteilplatten ausgeführt werden dürfen (Bild 4).

Beispiele für geschlossene Fugen zeigt Bild 4a. Gefaste Kanten dürfen bei der Fugenausbildung unberücksichtigt bleiben, wenn die Fassung ≤ 40 mm bleibt. Bei Fasungen > 40 mm ist die Mindestdicke des Bauteils auf den Endpunkt der Fassung zu beziehen.

Fugen dürfen bis zu einer Breite von 30 mm auch offen bleiben, wenn auf der Plattenoberseite ein im Fugenbereich bewehrter Estrich oder Beton (Baustoffklasse A) angeordnet wird (Bild 4b).

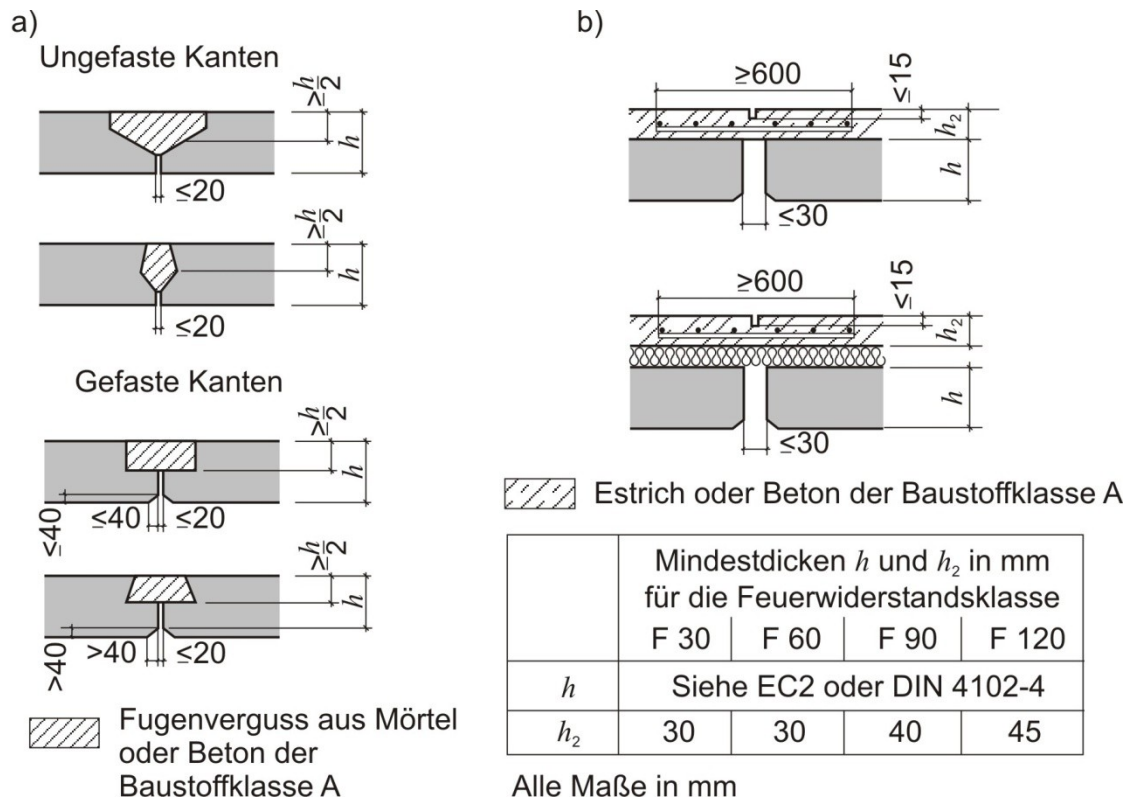
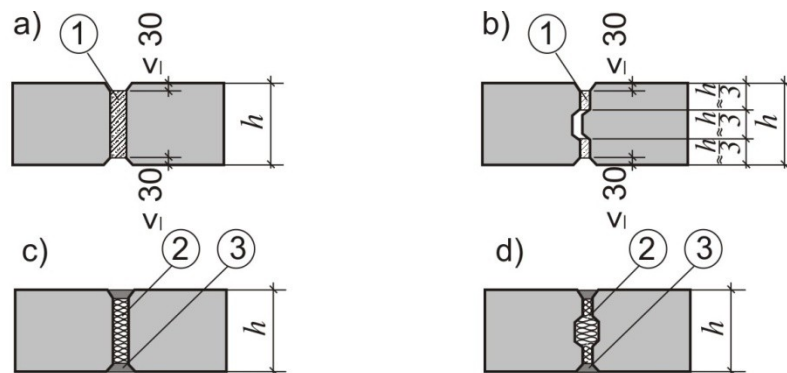


Bild 4 Fugen zwischen Fertigteilplatten a) geschlossen, b) offen

Fugen zwischen Wänden (ohne Brandwände)

Bei Fugen zwischen Wänden (Bild 5) werden nach DIN 4102-4 im Allgemeinen drei Fälle unterschieden:

- Glatte Fugen mit Mörtel- oder Betonschicht (Bild 5a);
- Fugen mit Nut- und Feder-Ausbildung (Bild 5b), bei denen eine Vermörtelung der Fugen in den äußeren Wanddr Dritteln ausreichend ist.
- Fugen mit einer Dämmschicht der Baustoffklasse A, einem Schmelzpunkt ≥ 1000 °C und einer Rohdichte ≥ 30 kg/m³ (Bild 5c und d).



- ① Fugenverguss aus Mörtel oder Beton der Baustoffklasse A
 ② Mineralfaserdämmschicht nach DIN 4102-4, 5.11.2 (4)
 ③ Fugendichtstoffe nach DIN EN 26927

Bild 5 Fugen zwischen Betonfertigteilwänden

Fugen zwischen Brandwänden

Bei Fugen zwischen Brandwänden (Bild 6) wird zwischen horizontalen und senkrechten Fugen unterschieden. Horizontale Fugen werden als Nut-Feder-Verbindung (Bild 6a), häufiger jedoch als glatte Fuge mit Dollenverbindung (Bild 6b) ausgeführt.

Bei senkrechten Fugen (Bild 6c) ist die Fuge mit einer Wendelbewehrung $\varnothing 6$ (oder z. B. Gitterträger) zu bewehren. Wichtig ist hierbei, dass die Bewehrung weit in die Nut der Wände geführt wird, sodass sich bei einer Stoßbelastung keine Scherfuge im Vergussmörtel ausbilden kann.

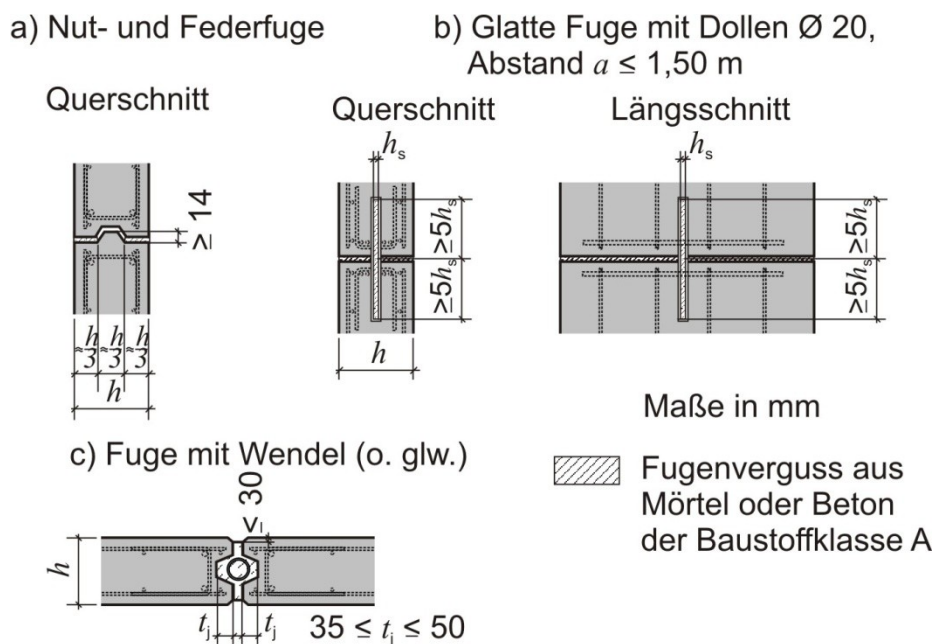


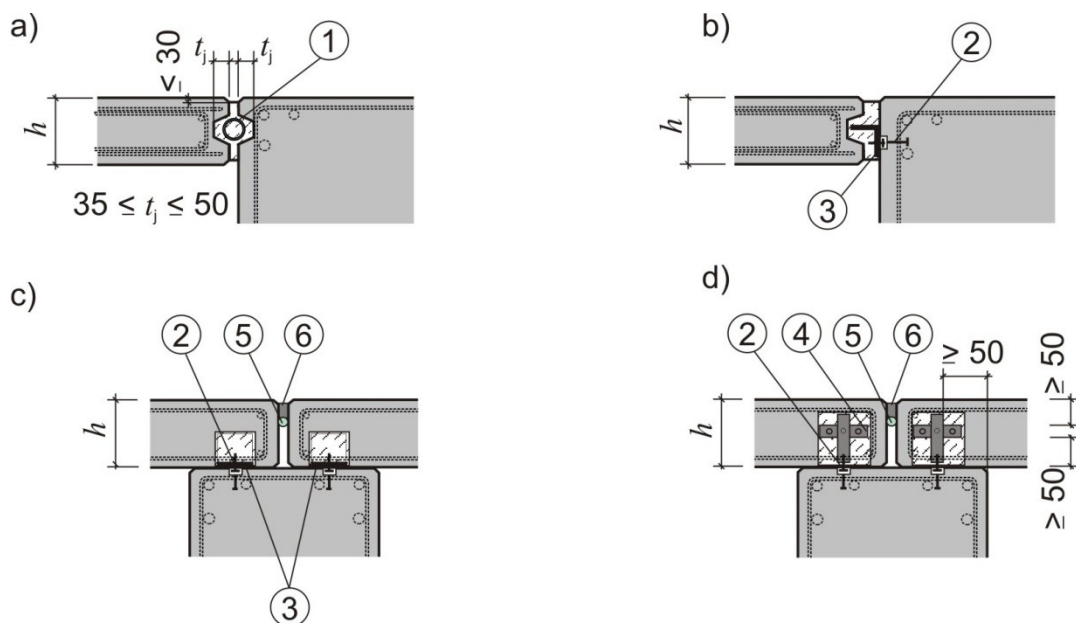
Bild 6 Beispiele für Fugen zwischen Brandwänden: a) und b) horizontal, c) vertikal

Anschlüsse von Brandwänden an Stahlbetonbauteile

Anschlüsse von Brandwänden an Stahlbetonstützen oder -wandscheiben können nach Bild 7 ausgeführt werden. Die Angaben in Bild 7 gelten sinngemäß auch für Anschlüsse an Eckstützen.

Bei Anschlüssen von Brandwänden an Stahlbetonstützen müssen die Stützen eine Mindestdicke von 240 mm besitzen. Stahlbetonwandscheiben (Breite der Wandscheibe $b > 4 h$ nach [6]) müssen eine Mindestdicke von 170 mm aufweisen.

Der Anschluss darf auch durch Anschweißen von Stahllaschen $t \times b \geq 5 \times 20$ mm erfolgen, wobei die Betondeckung der Stahllaschen im eingebauten Zustand allseitig ≥ 50 mm sein muss.



 Fugenverguss aus Mörtel oder Beton der Baustoffklasse A

- ① Wendel $\varnothing 6$ (o. glw.), B500A, Außendurchmesser D_A der Wendel: $50 \text{ mm} \leq D_A \leq 60 \text{ mm}$, Ganghöhe der Wendel $\sim 100 \text{ mm}$
- ② Hammerkopfschraube $\varnothing \geq 10 \text{ mm}$ in Ankerschiene $\geq 28/15$
- ③ Stahlwinkel $\geq 60 \times 5$ oder angeschweißte Stahllaschen
- ④ Verankerungslasche o. glw.
- ⑤ Mineralfaser-Dichtungsschnur
- ⑥ Fugendichtstoffe nach DIN EN 26927

Bild 7 *Anschlüsse von nichttragenden Brandwänden a) und b) zwischen Stahlbetonstützen bzw. -wänden, c und d) vor Stahlbetonstützen bzw. -wänden*

Statisch erforderliche Anschlüsse (Anschlüsse, die die Stoßbeanspruchung aufzunehmen haben) müssen vollfugig mit Mörtel oder Beton oder nach Bild 8 ausgeführt werden.

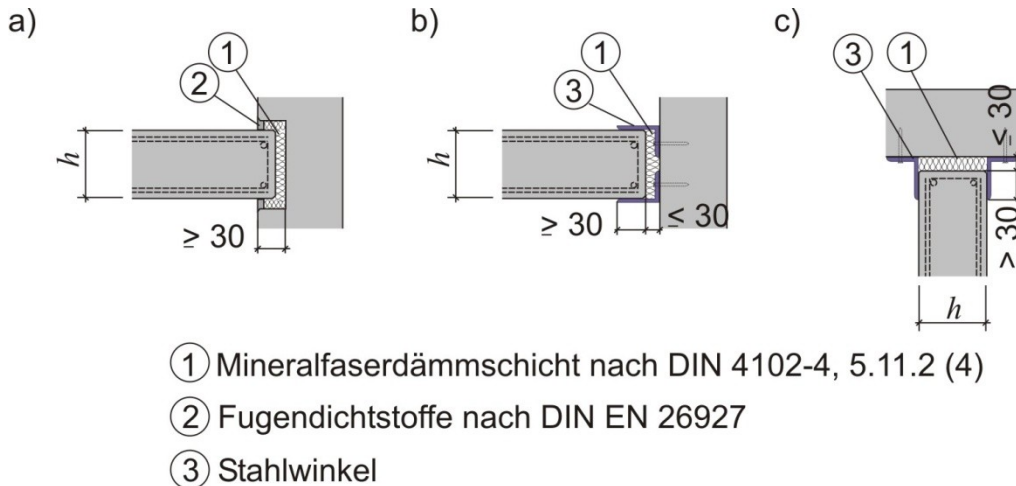
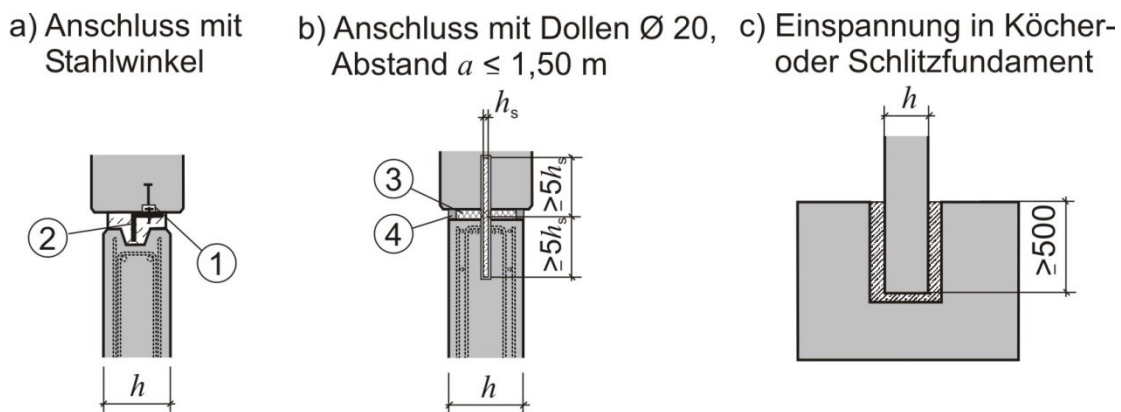


Bild 8 Anschlüsse an angrenzende Massivbauteile a) und b) Wand-Wand-Anschluss, c) Wand-Decken-Anschluss

Anschlüsse von Brandwänden an Stahlbetonriegel und -decken bzw. Einspannungen in Fundamente werden nach Bild 9 ausgeführt. Stahlbetonriegel müssen dabei eine Mindestbreite von 240 mm besitzen und die Achsabstände der Riegelbewehrung sind für $\geq F 90$ zu bemessen.



▨ Fugenverguss aus Mörtel oder Beton der Baustoffklasse A

- ① Hammerkopfschraube $\varnothing \geq 10$ mm in Ankerschiene $\geq 28/15$
 ② Stahlwinkel $\geq 60 \times 5$ oder angeschweißte Stahllaschen
 ③ Mineralfaserdämmschicht nach DIN 4102-4, 5.11.2 (4)
 ④ Fugendichtstoffe nach DIN EN 26927

Bild 9 Anschlüsse von nichttragenden Brandwänden a und b) an Stahlbetonriegel- oder -decken, c) an Fundamente

ZUSAMMENFASSUNG

Der Eurocode 2 Teil 1-2 bietet mehrere Möglichkeiten für die Heißbemessung an. Ein großer Vorteil des Eurocode 2 ist zweifellos, dass Teil 1-1 für die Kaltbemessung [6] und Teil 1-2 für die Heißbemessung [1] ein in sich konsistentes Normenpaket darstellen, auf gleichen Bemessungskonzepten aufbauen, den gleichen Wortlaut besitzen und zum Teil die gleichen Ergebnisse verwenden, da sich die Brandschutznachweise an den Nachweisen unter Normaltemperatur orientieren.

Die tabellarischen Daten des Eurocode 2 Teil 1-2 gelten für die wesentlichen Bauteile und sind weitgehend mit den Tabellenwerten von DIN 4102-4:1994-03 identisch.

Rechenverfahren des Eurocode eignen sich insbesondere dann, wenn die Querschnittsabmessungen oder Achsabstände von Bauteilen die tabellarischen Mindestwerte unterschreiten sollen. Mit zunehmendem (Rechen-)Aufwand wird der Anwender somit durch wirtschaftlichere Bauteilabmessungen belohnt.

Aus Sicht des Verfassers stellt der Eurocode 2 Teil 1-2 somit ein fortschrittliches Regelwerk dar, das trotz verschiedener Nachweismethoden anwenderfreundlich bleibt, was von den anderen Teilen des Eurocode 2 leider nicht immer gesagt werden kann.

Der Eurocode 2 hat allerdings seine Anwendungsgrenzen und behandelt nicht alle in der Praxis vorkommenden Betonbauteile. Weitere Bauteile und insbesondere deren Verbindungen untereinander regelt somit weiterhin DIN 4102-4 in einer neuen konsolidierten Fassung. Diese Neufassung als Restnorm sollte vom Anwender daher nicht als „Schikane“, sondern als nützliche Hilfe bei der Planung und Bemessung von Betonbauteilen angesehen werden.

LITERATUR

- [1] DIN EN 1992-1-2:2010-12, Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall mit
DIN EN 1992-1-2/NA:2010-12, Nationaler Anhang zu Eurocode 2 Teil 1-2
- [2] DIN 4102 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 4:1994-03 Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile mit A1-Änderung von 2004-11 (Veröffentlichung einer Neuausgabe als Entwurf im September 2012)
- [3] Hosser, D.; Richter, E.: Entwicklung eines vereinfachten Rechenverfahrens zum Nachweis des konstruktiven Brandschutzes bei Stahlbeton-Kragstützen. Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (iBMB) der Technischen Universität Braunschweig, Sonderforschungsvorhaben im Auftrag des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton, 2010.

- [4] Muster-Liste der Technischen Baubestimmungen – Fassung Dezember 2011. Zu beziehen unter: www.dibt.de
- [5] DIN 4102 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 22:2004-11 Anwendungsnorm zu DIN 4102-4 auf der Bemessungsbasis von Teilsicherheitsbeiwerten
- [6] DIN EN 1992-1-1:2011-01, Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau mit
DIN EN 1992-1-1/NA:2011-01, Nationaler Anhang zu Eurocode 2 Teil 1-1

Neue DIN 4102-4 – Regelungen zum Brandverhalten von Mauerwerk

Christiane Hahn

HAHN Consult Ingenieurgesellschaft mbH, Hamburg/Braunschweig

EINLEITUNG

Nachdem die Gremien der Bauministerkonferenz beschlossen hatte, die Eurocodes durch Aufnahme in die Muster-Liste der Technischen Baubestimmungen [1] zum 1. Juli 2012 bauaufsichtlich einzuführen, hatte das DIN zunächst geplant, die DIN 4102-4 [2] als eine den Eurocodes entgegenstehende nationale Norm zurückzuziehen. Dies stieß jedoch sowohl in der Praxis als auch bei den Bauaufsichtsbehörden auf massiven Widerstand. Nach kontroversen Diskussionen wurde schließlich im Januar 2011 vom Koordinierungsausschuss Brandschutz des DIN beschlossen, die Norm neu herauszugeben und alle von den Eurocodes abgedeckten Regelungen herauszunehmen. Die neue DIN 4102-4 ist aber keineswegs nur eine „Restnorm“ mit einigen nicht in den Eurocodes behandelten (speziellen) Konstruktionen. Auch bei den Regelungen der Eurocodes für übliche tragende und/oder raumabschließende Konstruktionen sind aus deutscher Sicht Ergänzungen erforderlich, weil wesentliche Ausführungsdetails fehlen. Diese werden daher in DIN 4102-4 auch weiterhin enthalten sein.

Da die Nationalen Anhänge (NA) zu den „kalten“ Eurocodes zum Mauerwerk – DIN EN 1996-1-1 [3] und DIN EN 1996-3 [4] – erst Anfang 2012 veröffentlicht wurden, konnte der NA zum „heißen“ Eurocode 6 Mauerwerk, DIN EN 1996-1-2 [5], erst im April 2012 als Gelbdruck veröffentlicht werden. Nach einer verkürzten Einspruchsfrist von 2 Monaten fand im Juli 2012 eine Einspruchssitzung statt, in deren Ergebnis der NA mit einigen redaktionellen Änderungen beschlossen wurde. Er wird voraussichtlich im Dezember als Weißdruck DIN EN 1996-1-2/NA:2012-12 [6] erscheinen, sofern der Arbeitsausschuss in einer zusätzlichen vierwöchigen Prüfungsfrist die neu aufgenommenen Regelungen auf Basis der vorgelegten Hintergrunddokumente bestätigt.

Der Inhalt des NA hatte wesentlichen Einfluss auf den Abschnitt Mauerwerk in der neuen DIN 4102-4. Erst mit der Verabschiedung des NA zum Weißdruck stand fest, welche Teile von DIN 4102-4 der DIN EN 1996-1-2 entgegen stehen und daher entfernt werden müssen und welche Regelungen ergänzend zu dem Eurocode benötigt werden und daher erhalten werden müssen.

DIE NEUE DIN 4102-4 (RESTNORM)

Inhalt – Grundlagen

Der Aufbau der neuen DIN 4102-4 ist an die Struktur der baustoffbezogenen Eurocode-Brandschutzteile angepasst worden; die grobe Gliederung ist aus Tabelle 1 ersichtlich. Die Begründung für die Aufnahme von Baustoffen und

Bauteilen als klassifizierte Bauprodukte ist nach wie vor, dass es sich in der Regel um genormte Produkte handelt, d. h. hier hat sich nichts geändert. Für einige Produkte, die zulassungspflichtig sind, besteht Bestandsschutz.

Tabelle 1 Inhaltsverzeichnis DIN 4102-4 (neu)

Abschnitts-nummer	Inhalt
0	Vorwort, Einleitung
1	Anwendungsbereich
2	Normative Verweisungen
3	Symbole und Abkürzungen
4	Klassifizierte Baustoffe
5	Klassifizierte Betonbauteile
6	Klassifizierte Bauteile aus bewehrtem Porenbeton
7	Klassifizierte Stahlbauteile
8	Klassifizierte Holzbauteile
9	Klassifiziertes tragendes Mauerwerk aus Fertigbauteilen nach DIN 1053-4 und nichttragendes Mauerwerk nach DIN 4103 sowie Stürze
10	Ausbau
11	Klassifizierte Sonderbauteile mit Ausnahme von Brandwänden
	Literaturverzeichnis

Jede Baustoffart wird in einem eigenen Abschnitt behandelt, und die Reihenfolge entspricht im Wesentlichen der Reihenfolge der Eurocodes. Der Inhalt ist nicht mehr nach Bauteilen (z .B. Wände, Decken, ...) gegliedert. Damit ist die Möglichkeit geschaffen worden, nach einer entsprechenden Fortschreibung der Eurocodes ggf. ganze Abschnitte aus DIN 4102-4 herauszunehmen.

Der Mauerwerksbau befindet sich jetzt im Abschnitt 9. Es wurden aktuelle Prüfergebnisse ergänzt, da es seit der Fassung 1994 Weiterentwicklungen gab.

Ausblick

Es ist vorgesehen, dass die DIN 4102-4 (neu) Anfang 2013 als Gelbdruck veröffentlicht wird. Nach einer zweimonatigen Einspruchsfrist (verkürztes Verfahren) und einer Einspruchssitzung wird dann der Weißdruck bis Ende 2013 vorliegen, sofern es keine gravierenden Einwände seitens der betroffenen Kreise gab.

ABSCHNITT 9 MAUERWERK

Grundlagen

Der Abschnitt 9 beginnt mit den bekannten Grundlagen zur Bemessung von klassifizierten Mauerwerkswänden:

Definition der Wandarten:

1. Nichtragende Wände
2. Tragende Wände
3. Raumabschließende Wände
4. Nichtraumabschließende Wände
5. 2schalige Außenwände
6. 2schalige Haustrennwände bzw. Gebäudeabschlußwände
7. Brandwände
8. Stürze, Balken, Unterzüge
9. Wanddicken
10. Wandhöhen
11. Bekleidungen, Dampfsperren
12. Lochungen
13. Dämmschichten
14. Kunstharzmörtel
15. Sperrschichten
16. Aussteifende Bauteile
17. Putze
18. Stoßfugenausbildungen
19. Einbauten, Installationen

Es sind Definitionen ergänzt oder verdeutlicht oder an bauaufsichtliche Begriffe angepasst worden.

Anwendungsbereich

In Abschnitt 9.2 wird der Anwendungsbereich der Feuerwiderstandsklassen von Wänden aus Mauerwerk und Wandbauplatten einschließlich von Pfeilern und Stürzen beschrieben. Hier wird deutlich, dass nur noch tragendes Mauerwerk nach DIN 1053-4 [7] – Fertigbauteile – sowie nichtragendes Mauerwerk nach DIN 4103-1 [8] enthalten ist.

Als Produktnormen für Mauerwerk ist die Normenreihe DIN EN 771-1 bis -4 in Verbindung mit der Reihe der Anwendungsnormen DIN 20000-401 bis 404 als V- oder E-Norm Grundlage.

Zusätzlich sind nationale Steinnormen enthalten, die im „kalten“ NA nicht geregelt wurden und folglich auch nicht im „heißen“ NA.

Nichttragende Wände aus Mauerwerk und Wandbauplatten

Tabelle 9.1 — Mindestdicke d nichttragender, raumabschließender Wände aus Mauerwerk oder Wandbauplatten (1seitige Brandbeanspruchung)

Die (-) -Werte gelten für Wände mit beidseitigem Putz nach 9.2.18

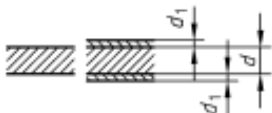
Zeile	Konstruktionsmerkmale  Wände mit Mörtel ¹⁾²⁾³⁾	Mindestdicke d in mm für die Feuerwiderstandsklasse-Benennung ⁶⁾				
		F 30-A	F 60-A	F 90-A	F 120-A	F 180-A

Bild 1 Tabellenkopf für nichttragende Wände (Auszug aus DIN 4102-4 (neu))

In der Tabelle 9.1 (Bild 1) sind für Mauerwerk nur noch die Wanddicken geregelt, die nicht im NA [6] enthalten sind. Da der „kalte“ NA nur Wanddicken ≥ 115 mm enthält für tragende Wände, was auch für nichttragende Wände gilt, sind hier Wanddicken < 115 mm geregelt sowie einzelne Steinarten komplett, die in dem NA nicht enthalten sind. Zusätzlich wurden Zeilen für Mauerwerk aus Fertigbauteilen nach DIN 1053-4 aufgenommen.

Außerdem sind Wandbauplatten aus Gipsvollplatten nach DIN EN 12859 [9] ausschließlich in DIN 4102-4 (neu) geregelt. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Feuerwiderstandsdauern von DIN EN 15318 in Deutschland nicht gelten, weil sie auf der unsicheren Seite liegen.

Tragende Wände aus Mauerwerk

In der Tabelle 9.2 (Bild 2) sind die tragenden, raumabschließenden Mauerwerkswände aus Fertigbauteilen nach DIN 1053-4 klassifiziert.

In der Tabelle 9.3 sind die tragenden, nichtraumabschließenden Mauerwerkswände aus Fertigbauteilen nach DIN 1053-4 klassifiziert.

In der Tabelle 9.4 sind tragende Pfeiler bzw. nichtraumabschließende Wandabschnitte aus Mauerwerk aus Fertigbauteilen klassifiziert.

Tabelle 9.2 — Mindestdicke d tragender, raumabschließender Wände aus Mauerwerk (1seitige Brandbeanspruchung) –

Die ()-Werte gelten für Wände mit beidseitigem Putz nach 9.2.18

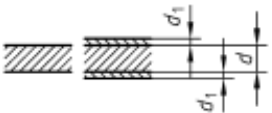
Zeile	Konstruktionsmerkmale 	Mindestdicke d in mm für die Feuerwiderstandsklasse-Benennung				
		F 30-A	F 60-A	F 90-A	F 120-A	F 180-A
	Wände					

Bild 2 Tabellenkopf für tragende Wände (Beispiel, Auszug aus DIN 4102-4 (neu))

Es sind jeweils Wanddicken d bzw. –breiten für Wände / Pfeiler mit einem Ausnutzungsfaktor $\alpha_2 \leq 0,2$, $\leq 0,6$ und $\leq 1,0$ angegeben. Für Mauertafeln aus Kalksand-Planelementen sind auch Wanddicken ohne Bestimmung des Ausnutzungsfaktors aufgrund aktueller Prüfergebnisse im Rahmen eines Forschungsvorhabens [10] angegeben.

Bemessung von Mauerwerk nach DIN 1053-4

Mauerwerk nach DIN 1053-4 wird bisher noch nach DIN 1053-1 (globales Sicherheitskonzept) bemessen. Die Tabellen enthalten wie bisher nur Klassifizierungswerte für eine Bemessung nach dem vereinfachten Verfahren nach DIN 1053-1. Dies war die Grundlage von DIN 4102-4:1994.

Der Ausnutzungsfaktor α_2 ist beim vereinfachten Berechnungsverfahren nach DIN 1053-1 das Verhältnis der vorhandenen Beanspruchung zu der zulässigen Beanspruchung

$$\alpha_2 = \text{vorh } \sigma / \text{zul } \sigma$$

Für die Ermittlung der Druckspannung σ gilt DIN 1053-1.

Bei einer Bemessung von Mauerwerk nach dem genauen Verfahren in DIN 1053-1 kann der Ausnutzungsfaktor α_2 – sofern erforderlich – wie folgt bestimmt werden:

$$\text{für } 10 \leq \frac{hk}{d} < 25 : \quad \alpha_2 = \frac{1,33 * \gamma * \text{vorh } \sigma}{\beta_R} * \frac{15}{25 - \frac{hk}{d}} \quad (9.1)$$

$$\text{für } \frac{hk}{d} < 10 : \quad \alpha_2 = \frac{1,33 * \gamma * \text{vorh } \sigma}{\beta_R} \quad (9.2)$$

Bei exzentrischer Beanspruchung darf anstelle von β_R der Wert $1,33 \beta_R$ gesetzt werden, sofern die γ -fache mittlere Spannung den Wert β_R nicht überschreitet.

Darin ist

α_2	Ausnutzungsfaktor zur Einstufung der Feuerwiderstandsklasse von tragenden Wänden aus Mauerwerk
h_k	Knicklänge der Wand nach DIN 1053-1
d	Wanddicke
b	Wandbreite
σ	vorhandene Normalspannung unter Gebrauchslasten unter Annahme einer linearen Spannungsverteilung und eines Ebenbleibens der Querschnitte
β_R	Rechenwert der Mauerwerksdruckfestigkeit

Für Werte $\alpha_2 > 1,0$ ist eine Einstufung tragender Wände in eine Feuerwiderstandsklasse mit den Tabellen 9.2 bis 9.4 nur möglich, wenn dies in den Tabellen ausdrücklich angegeben ist.

Diese Regeln wurden bereits vor langem als Ergänzung zu DIN 4102-4:1994 in der Musterliste der technischen Baubestimmungen veröffentlicht, vgl. [12].

Bei den Klassifizierungswerten in den Tabellen handelt es sich um Mindestwanddicken.

Die Angaben der Tabellen 9.1.bis 9.4 in DIN 4102-4 (neu) decken Exzentrizitäten nach dem genaueren Bemessungsverfahren in DIN 1053-1 bis $e \leq d/6$ ab. Bei Exzentrizitäten $d/6 \leq e \leq d/3$ ist die Lasteinleitung konstruktiv zu zentrieren.

Stürze

Die Tabelle 9.5 für Stürze wurde gegenüber DIN 4102-4:1994 [2] gekürzt, weil die Richtlinie für Flachstürze vom DIBt zurückgezogen wurde und Flachstürze damit zulassungspflichtig wurden.

Die verbliebenen Sturzarten – ausbetonierte U-Schalen und Porenbetonstürze – wurden hinsichtlich der Bewehrungslage präzisiert.

Brandwände

Es werden lediglich Brandwände aus Mauerwerk nach DIN 1053-4 – Fertigteilbauteile – in Tabelle 9.6 geregelt (Bild 3).

Da in der Praxis häufig ein rechnerischer Nachweis der Stoßbeanspruchung der Brandwand gefordert wird, wurde folgender Text zur Klarstellung aufgenommen:

„Brandwände müssen aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen, mindestens der Feuerwiderstandsdauer $F 90$ entsprechen und einer mechanischen Stoßbeanspruchung widerstehen. Der Nachweis der mechanischen Stoßbeanspruchung erfolgte durch Prüfung nach DIN 4102-3. Weitere Nachweise zur Stoßbeanspruchung sind nicht erforderlich.“

Tabelle 9.6 — Zulässige Schlankheit, Mindestwanddicke und Mindestachsabstand von 1- und 2schaligen Brandwänden (1seitige Brandbeanspruchung)

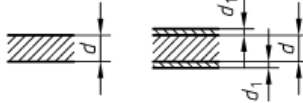
Zeile	Schema-Skizze für Wände aus Mauerwerk		Zulässige Schlankheit h_s/d	Mindestdicke d in mm bei		Mindest- achs- abstand u mm
	Unverputzt	verputzt		1- schaliger	2- schaliger ⁹⁾	
				Ausführung		
	Wandart					

Bild 3 Tabellenkopf für Brandwände (Auszug aus DIN 4102-4 (neu))

Zweischalige Außenwände mit Wärmedämmung oder/und Luftschicht, die geschossübergreifende Hohlräume/Dämmungen haben oder über Brandwände geführt werden

In der MBauO § 28 sind brandschutztechnische Anforderungen an Außenwände gestellt und zwar:

„§ 28 Außenwände

(1) Außenwände und Außenwandteile wie Brüstungen und Schürzen sind so auszubilden, dass eine Brandausbreitung auf und in diesen Bauteilen ausreichend lang begrenzt ist.

(4) Bei Außenwandkonstruktionen mit geschossübergreifenden Hohl- oder Lufträumen wie Doppelfassaden und hinterlüfteten Außenwandbekleidungen sind gegen die Brandausbreitung besondere Vorkehrungen zu treffen.“

Diese Anforderungen sind in der Regel in die Landesbauordnungen übernommen worden.

Aufgrund der gültigen EnEV bedeutet dies, dass bei zweischaligem Außenmauerwerk die Dämmschichten immer dicker werden. Die Dämmdicken liegen zurzeit bei bis zu 20 cm. Aus Kostengründen werden überwiegend schwerentflammbare Dämmungen eingebaut. Je dicker eine brennbare Dämmschicht mit/oder ohne Luftschicht innerhalb von zweischaligem Mauerwerk ist, umso größer kann das Risiko einer Brandweiterleitung sein, wenn Flammen im Bereich von Öffnungen in die Dämmschicht eindringen. Die Feuerwehr ist nicht in der Lage diesen Schalenzwischenraum zu löschen, da sie keinen Zugang hat. Löschwasser auf der äußeren Mauerwerksschale erreicht den Schalenzwischenraum nicht.

Nach intensiver Diskussion im DIBt sowie im zuständigen Sachverständigenausschusses mit Vertretern der Mauerwerksindustrie sowie Vertretern der brennbaren Dämmstoffe – schwerentflammbar und normalentflammbar – wurde eine Brandprüfung in der FMPE Leipzig an einer zweigeschossigen zweischaligen Außenwand mit normalentflammbarer Dämmung durchgeführt. Auf der Grundlage der Prüfung wurden Ausführungsregeln mit bestimmten Randbedingungen an den Öffnungen – Fensterlaibungen – in DIN 4102-4 (neu) aufgenommen. Hierbei wurde unterschieden zwischen Schalenzwischenräumen ≤ 100 mm und > 100 mm sowie mit oder ohne Luftschicht. In der Regel wird heute zweischaliges Mauerwerk mit Kerndämmung, d. h. ohne Luftschicht, jedoch mit Fingerspalte aufgrund der Vermauerung, ausgeführt. Die obersten Bauaufsichten haben sich erst jetzt genauer mit dem Thema befasst.

Weitere Angaben zu dem Ergebnis der Brandprüfung sowie den Ausführungsregeln für zweischalige Außenwände aus Mauerwerk sind [9] zu entnehmen.

Ausführungsregeln

Grundsätzlich gelten die Ausführungsregeln für Mauerwerk nach DIN 1053-1 sowie DIN 1053-4.

Es wird deutlich hervorgehoben, dass unvermörtelte Stoßfugen nach DIN 1053-1 bis 5 mm Breite brandschutztechnisch zulässig sind. Die Temperaturkriterien werden erfüllt. Da DIN 4102-2 keine Anforderungen an Rauch stellt, darf es durch die Stoßfugen rauchen. Das heißt, dass bei besonderen Räumen mit Anforderung an eine Rauchreduzierung oder sogar Rauchdichtigkeit Zusatzmaßnahmen erforderlich sind.

Zu den bekannten Anschlüssen – Wand/Decke, Wand/Wand – wurden weitere heute übliche Anschlüsse ergänzt, z. B. Bilder 4 bis 6, weil in den Verwendbarkeitsnachweisen für Mauerwerk keine brandschutztechnischen Ausführungsregeln enthalten sind.

Auch wurden Anschlüsse für Wand/Boden auf dem Rohboden sowie Estrich ergänzt, z. B. Bild 7.

Alle Bilder wurden nach dem heute üblichen Standard überarbeitet, so dass nur noch Ziffern an den Bildern sind und in Legenden diese Ziffern erläutert werden. Teilweise ist die redaktionelle Überarbeitung der Bilder noch nicht abgeschlossen. Viele neue Bilder wurden von der Industrie zugeliefert.

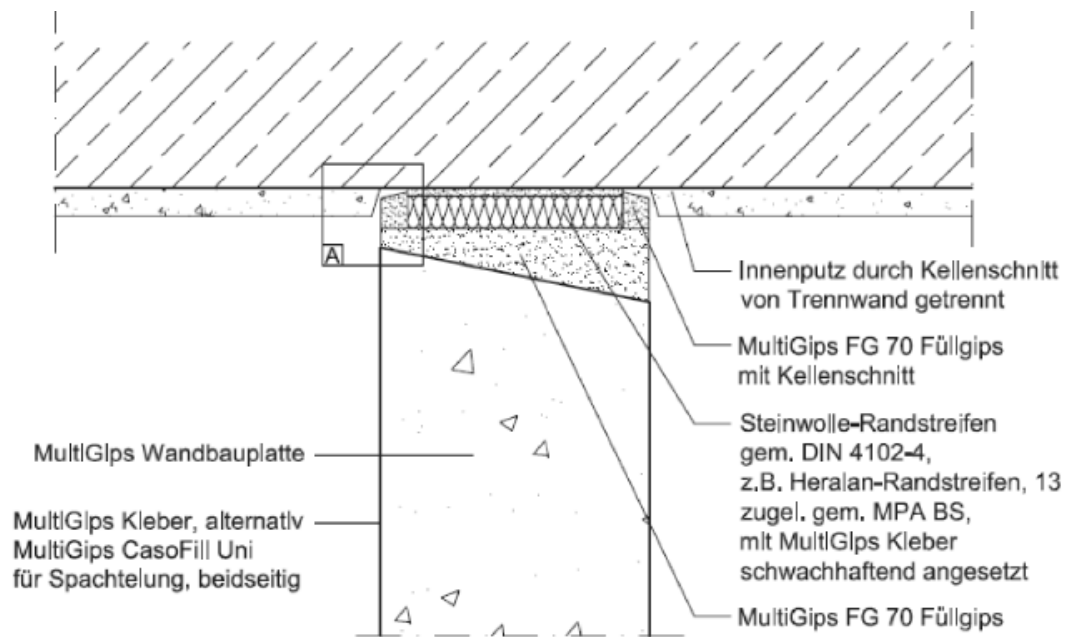


Bild 4 Beispiel Gipswandbauplatten, 3seitiger Wandanschluss, freier oberer Rand

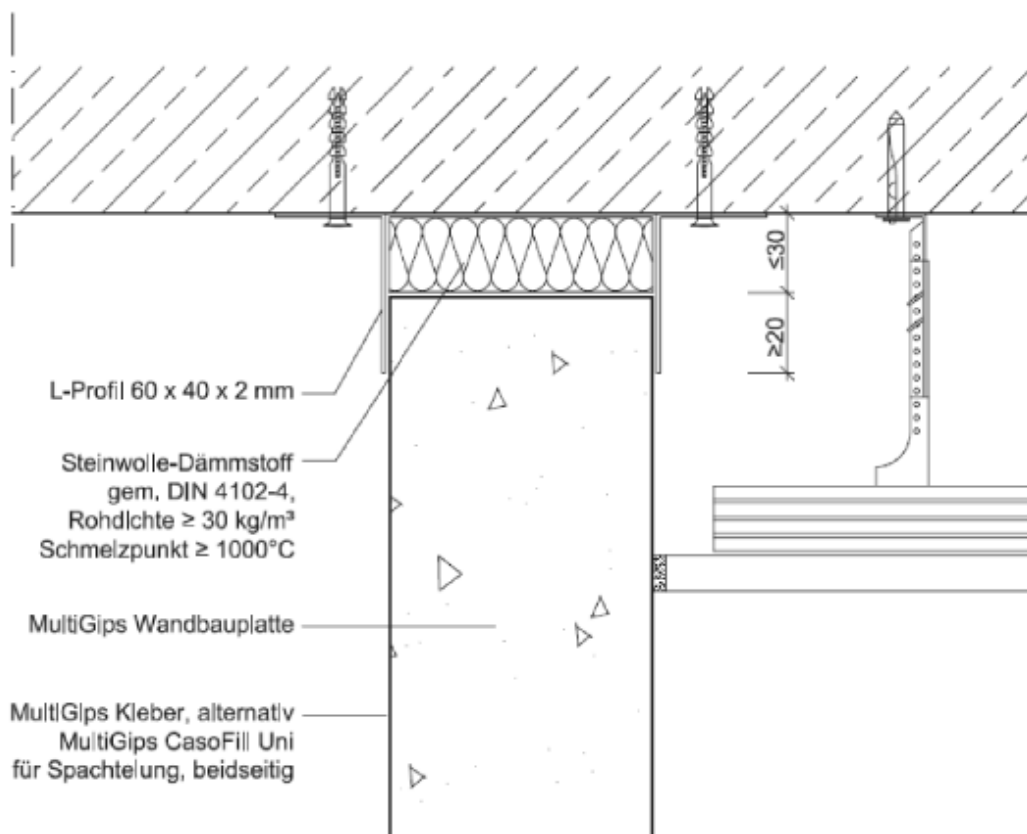


Bild 5 Beispiel Gipswandbauplatten, gleitender Deckenanschluss

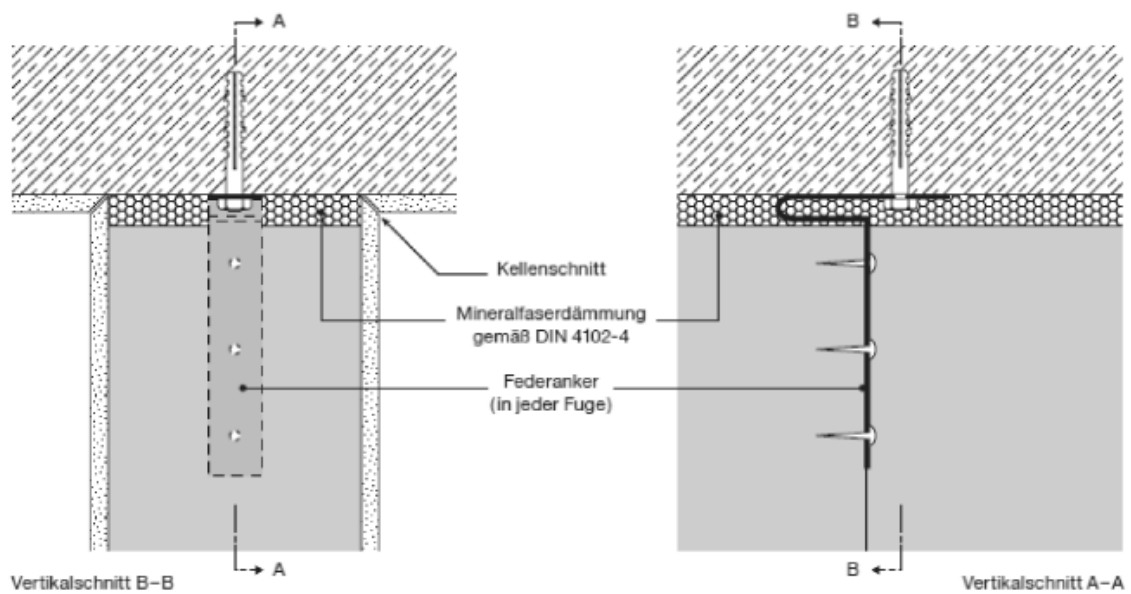


Bild 6 Beispiel Porenbeton, fester oberer Anschluss

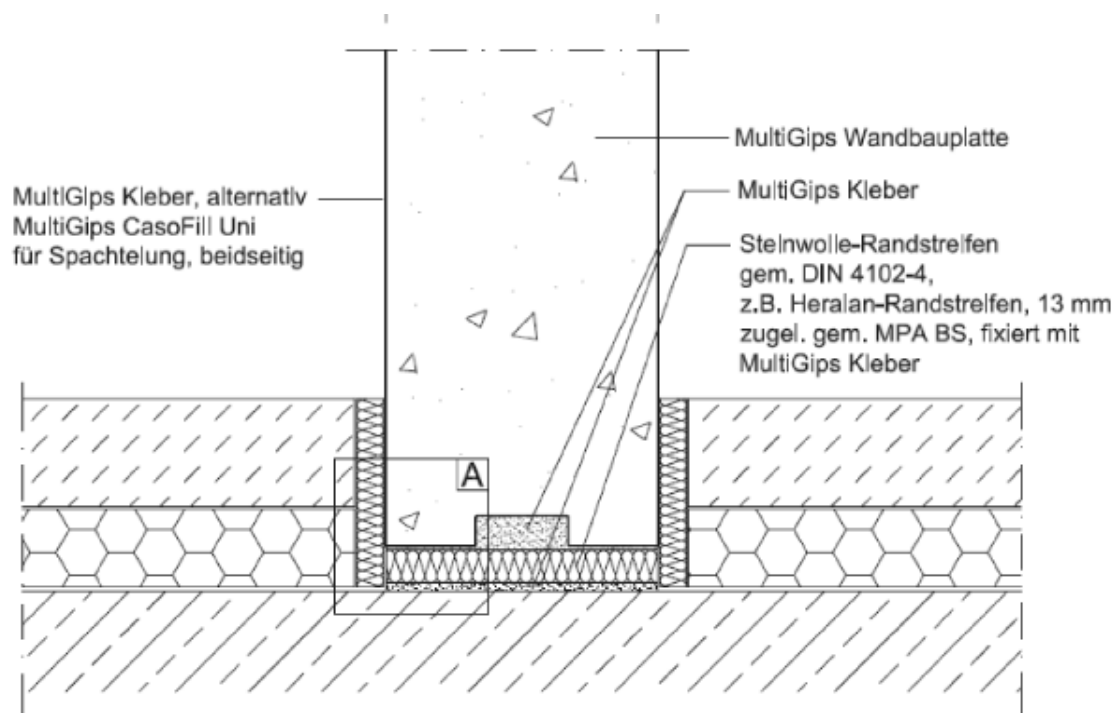


Bild 8 Beispiel Gipswandbauplatten, Anschluss auf Rohdecke

ZUSAMMENFASSUNG

Im vorliegenden Beitrag werden zunächst die wesentlichen Änderungen von DIN 4102-4(neu) gegenüber DIN 4102-4:1994 durch Darstellung der Grundzüge zusammengefasst. Dann wird die Restnorm bezogen auf Mauerwerk in Abhängigkeit vom Nationalen Anhang zu DIN EN 1996-1-2 beschrieben. National ist lediglich noch Mauerwerk aus Fertigbauteilen nach DIN 1053-4 in DIN 4102-4 (neu) enthalten. Es werden die Bemessungsregeln für Mauerwerk nochmals erläutert, die in der Muster-Liste der Techn. Baubestimmungen seit langem enthalten sind. In den Tabellen sind Prüfergebnisse ergänzt, insbesondere aus den letzten Jahren.

Es muss ausdrücklich darauf hingewiesen werden, dass bei der Bemessung von Bauteilen ein Mischungsverbot der verschiedenen Bemessungsverfahren – globales Sicherheitskonzept mit Teilsicherheitskonzept – besteht. Entweder wird nach dem „kalten“ Eurocode in Verbindung mit dem dazugehörenden „heißen“ Eurocode in Verbindung mit dem NA bemessen oder nach nationalen Bemessungskonzepten in Verbindung mit DIN 4102-4.

DIN 4102-4 (neu) enthält weiterhin nur nationale F-Klassen nach DIN 4102-2 und keine europäischen REI-Klassen nach DIN EN 13501-2. Die Verknüpfung der verschiedenen Klassen mit den bauaufsichtlichen Anforderungen erfolgt über die Bauregelliste [14].

Bezüglich der Ausführungsregeln ist DIN 4102-4 (neu) auch eine Anwendungsnorm für die Eurocodes, weil viele in Deutschland seit langem geregelte – und für wesentlich gehaltene – Details bisher nicht in den Eurocodes enthalten sind. Im Mauerwerksbau sind die wesentlichen Ausführungsregeln weiter in DIN 4102-4 (neu) enthalten. 'Zusätzliche Ausführungsdetails werden wie bisher über die Literaturstelle in DIN 4102-4 (neu), siehe [13] geregelt.

LITERATUR

- [1] Muster-Liste der Technischen Baubestimmungen *)
- [2] DIN 4102-4:1994-03, Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 4: Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile mit A1-Änderung von 2004-11 (Veröffentlichung einer Neuausgabe als Entwurf im September 2012)
- [3] DIN EN 1996-1-1:2010-12, Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk
- [4] DIN EN 1996-3:2010-12, Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 3: Vereinfachte Berechnungsmethoden für unbewehrte Mauerwerksbauten

- [5] DIN EN 1996-1-2:2011-04, Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall
 - [6] DIN EN 1996-1-2/NA:2012-12, Nationaler Anhang – National festzulegende Parameter – Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall
 - [7] DIN 1053-4:2011-05, Mauerwerk – Teil 4: Fertigbauteile
 - [8] E DIN 4103-1:2012-05, Nichttragende innere Trennwände – Teil 1: Anforderungen und Nachweise
 - [9] DIN EN 12859
 - [10] Hahn, Chr., Bruhn, P.: Forschungsbericht Nr. 28049 - Hn/Br — Brandschutz mit Kalksandsteinmauerwerk – Nachweis für KS-Wände und KS-Pfeiler bei Bemessung nach EC 6-1-1, Auftraggeber: ECSPA, 2012
 - [11] Hahn, Chr.: 2schalige Außenwände aus Mauerwerk – Auswirkungen des Wärmeschutzes auf den Brandschutz, Zeitschrift Mauerwerk 2011, Heft 3, Verlag Ernst & Sohn, Berlin
 - [12] Hirsch, R., Graubner, C.-A., Hahn, Chr., Jäger, W.: Nachweis der Feuerwiderstandsdauer von Mauerwerk im Brandfall, Aktuelle Anpassung der Aussagen im Rahmen der Überarbeitung von DIN 4102-4:1994-03 sowie DIN 4102-4/A1:2004-11, Zeitschrift Mauerwerk 2009, Heft 4, Verlag Ernst & Sohn, Berlin
 - [13] Hahn, Chr.: Mauerwerk Kalender fortlaufend, Verlag Ernst & Sohn, Berlin
 - [14] Bauregelliste A Teil 1 - Ausgabe 2012/1, Mitteilungen des Deutschen Instituts für Bautechnik, Berlin *)
- *) veröffentlicht im Internet-Informationssystem der Bauministerkonferenz „is-
 argebau“, unter www.bauministerkonferenz.de

NEUE DIN 4102-4 – REGELUNGEN ZUM BRANDVERHALTEN VON HOLZ-BAUTEILEN

Mandy Peter
bauart Konstruktions GmbH & Co. KG, München

EINLEITUNG

Im Gegensatz zur bisherigen nationalen Systematik, wurde in den europäischen Regelungen eine andere Verfahrensweise gewählt. Während in DIN 4102-4 [1] im Wesentlichen auf tabellierte Werte, sowohl bei den Bauteilen als auch bei den Konstruktionen, zurückgegriffen wurde, setzen die Brandschutzteile (Teile 1-2) der Eurocodes weitestgehend auf Bemessungsverfahren, d. h. auf analytische Verfahren. DIN EN 1995-1-2 (Eurocode 5 Teil 1-2) [2] enthält daher Berechnungsverfahren für stabförmige Bauteile (Stützen und Träger), bei denen unter Berücksichtigung des Abbrandes die verbliebenen Restquerschnitte zum Nachweis der Beanspruchbarkeit im Brandfall entsprechend der gewünschten Feuerwiderstandsdauer verwendet werden. Diese Berechnungsverfahren waren seit 2004 übergangsweise schon in der DIN 4102-22 [3] enthalten, sodass hier bereits eine Umstellung erfolgt ist.

Zusätzlich enthält DIN EN 1995-1-2 Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Feuerwiderstandsdauer von Wänden und Decken, eine Berechnungsmethode zur Ermittlung der Abbrandraten verschiedener Werkstoffe sowie Bemessungsverfahren für Verbindungen unter Brandbeanspruchung.

Über eine Restnorm DIN 4102-4 sollen zukünftig alle Regelungen, die bisher national in der DIN 4102-4 sowie in der Anwendungsnorm DIN 4102-22 enthalten waren, auch zukünftig geregelt werden. Es werden dabei in der Restnorm ausschließlich Regelungen enthalten sein, die nicht über die DIN EN 1995-1-2 abgedeckt sind. Sie dürfen darüber hinaus nicht im Widerspruch zu den Vorgaben der europäischen Norm stehen. Ziel ist es dabei, insbesondere Regelungslücken in den Brandschutzteilen der Eurocodes abzudecken.

WÄNDE, DECKEN UND DÄCHER

Wie in der Einleitung beschrieben, bietet der Eurocode 5-1-2 zukünftig die Möglichkeit, Wand-, Decken- und Dachkonstruktionen rechnerisch für die vorgegebene Feuerwiderstandsdauer nachzuweisen. Im Besonderen ist auf die Möglichkeit hinzuweisen, Wand-, Decken- und Dachkonstruktionen bezüglich ihres Feuerwiderstandes einschließlich der wärmedämmenden und raumabschließenden Eigenschaften rechnerisch zu beurteilen. Die hier aufgenommenen Verfahren liegen gegenüber experimentellen Nachweisen wegen der erforderlichen Vereinfachungen natürlich deutlich auf der sicheren Seite, ermöglichen es aber erstmals, von tabellierten Konstruktionen oder geprüften Konstruktionen abwei-

chende Bauteilaufbauten ohne aufwändige Neuprüfungen zu beurteilen – ein substantieller Fortschritt.

Um jedoch die Vielzahl der bislang mit der DIN 4102-4 geregelten Konstruktionen auch zukünftig abdecken zu können, wird die Restnorm die bisher in der DIN 4102-4 klassifizierten Bauteilaufbauten weiterhin enthalten. Für die tabellierten Aufbauten wurden dabei jedoch die Materialien auf die heute üblicherweise eingesetzten Produkte aktualisiert. Als wesentliche Neuerung ist hervorzuheben, dass für die bisherige Vorgabe der Holzwerkstoffplatten mit einer Dicke von 13 mm ebenfalls 12 mm OSB-Platten eingesetzt werden können.

HOLZBAUTEILE

Die DIN EN 1995-1-2 enthält, wie in der Einleitung beschrieben, Berechnungsverfahren für stabförmige Bauteile zum Nachweis der geforderten Feuerwiderstandsdauer. Somit sind in der Restnorm DIN 4102-4 keine diesbezüglichen Angaben mehr enthalten.

Nicht abgedeckt werden durch den Eurocode jedoch Beanspruchungen infolge Querkraft und Schub. Für diese Beanspruchungen werden daher über die Restnorm Regelungen geschaffen.

Bei Holzbauteilen, bei denen nach DIN 1995-1-1 in der Bemessung die Schub- bzw. Scherspannung gegenüber dem Nachweis auf Biegung oder Biegung mit Längskraft maßgebend wird, ist nach der Restnorm DIN 4102-4 ebenfalls ein Nachweis der Schubbeanspruchungen für den Brandfall in Abhängigkeit des Ausnutzungsgrades der Bemessung unter Normaltemperaturen nach DIN EN 1995-1-1 zu führen. Die nachfolgend angegebene Nachweismethode basiert auf folgenden Voraussetzungen:

1. Die Einwirkungen im Brandfall entsprechen aufgrund der unterschiedlichen Teilsicherheitsfaktoren nicht den Einwirkungen unter Normaltemperaturen. Sie sind nach DIN EN 1995-1-2 Abschnitt 2.4.2 (3) mit 60 % des Wertes unter Normaltemperatur in Ansatz zu bringen.
2. Da derzeit keine Erkenntnisse zur Abnahme der Schubtragfähigkeit in Abhängigkeit des erwärmten Restquerschnitts vorliegen, ist der ideelle Restquerschnitt zu verwenden.
3. Die Schubfestigkeit im Brandfall ist mit dem 20 %-Quantilwert zu berücksichtigen. Für die Umrechnung aus dem 5 %-Quantilwert nach DIN EN 1995-1-1 können die Werte der Tabelle 2.1 aus DIN EN 1995-1-2 verwendet werden. Eine weitere Abminderung der Festigkeit ist aufgrund der Verwendung des ideellen Restquerschnitts nicht erforderlich. Der Faktor $k_{mod,fi}$ ist mit 1,0 anzusetzen.

4. Die Beanspruchbarkeit unter Normaltemperaturen ergibt sich in Abhängigkeit der Nutzungsklasse sowie der maßgebenden Klasse der Lasteinwirkungsdauer.

Für die Auslastung unter Normaltemperaturen gilt:

$$\alpha_v = 1,5 \cdot \frac{V_d}{b \cdot h \cdot \frac{k_{\text{mod}} \cdot f_{v,k}}{\gamma_M}} \quad (1)$$

Dabei ist

α_v Ausnutzungsgrad der Schubspannung unter Normaltemperaturen nach DIN EN 1995-1-1

V_d Bemessungswert der Querkraft unter Normaltemperatur

b Breite des Querschnitts

h Höhe des Querschnitts

$f_{v,k}$ 5 %-Quantilwert der Schubfestigkeit

k_{mod} Modifikationsbeiwert zur Berücksichtigung der Nutzungsklasse und der Lasteinwirkungsdauer

γ_M Teilsicherheitsbeiwert des Materials

Für die Ausnutzung des ideellen Restquerschnitts im Brandfall muss gelten:

$$\alpha_{v,fi} = 1,5 \cdot \frac{V_{d,fi}}{b_{ef} \cdot h_{ef} \cdot f_{v,d,fi}} \leq 1 \quad (2)$$

Dabei ist

$\alpha_{v,fi}$ Ausnutzungsgrad der Schubspannung im Brandfall

$V_{d,fi}$ Bemessungswert der Querkraft im Brandfall
 $V_{d,fi} = 0,6 \cdot V_d$

b_{ef} Breite des ideellen Restquerschnitts unter Verwendung der ideellen Abbrandtiefe d_{ef} nach DIN EN 1995-1-2 Gleichung (4.1)

h_{ef} Höhe des ideellen Restquerschnitts unter Verwendung der ideellen Abbrandtiefe d_{ef} nach DIN EN 1995-1-2 Gleichung (4.1)

$f_{v,d,fi}$ Bemessungswert der Schubfestigkeit im Brandfall

Durch die Verwendung des vereinfachten Verfahrens mit ideellen Restquerschnitten ist keine weitere Abminderung der Schubfestigkeit erforderlich. Der 20 %-Quantilwert der Festigkeit ergibt sich zu:

$$f_{v,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_{M,fi}} \quad (3)$$

Dabei ist

$k_{mod,fi}$ Modifikationsbeiwert zur Berücksichtigung des Temperatureinflusses ($k_{mod,fi} = 1,0$)

k_{fi} Faktor zur Ermittlung des 20 %-Quantilwertes der Festigkeit aus dem 5 %-Quantilwert

$\gamma_{M,fi}$ Teilsicherheitsbeiwert des Materials ($\gamma_{M,fi} = 1,0$)

Somit ergibt sich Gleichung (2) zu:

$$\alpha_{v,fi} = 1,5 \cdot \frac{0,6 \cdot V_d}{b_{ef} \cdot h_{ef} \cdot k_{fi} \cdot f_{v,k}} \leq 1 \quad (4)$$

In Abhängigkeit der Ausnutzung des Querschnitts unter Normaltemperaturen muss für die charakteristische Schubfestigkeit gemäß Gleichung (1) die folgende Beziehung gelten:

$$f_{v,k} = 1,5 \cdot \frac{V_d}{b \cdot h \cdot \frac{k_{mod} \cdot \alpha_v}{1,3 \text{ (bzw } 1,25)}} \quad (5)$$

Durch das Einsetzen von Gleichung (5) in Gleichung (4) ergibt sich die folgende Bedingung für einen Nachweis im Brandfall:

$$\frac{0,5 \cdot \alpha_v \cdot b \cdot h \cdot k_{mod}}{b_{ef} \cdot h_{ef} \cdot k_{fi}} \leq 1 \quad (6)$$

Ein Nachweis planmäßiger Querspannungen ist für eine Feuerwiderstandsdauer von 30 Minuten für Querschnitte mit einer Mindestbreite von 160 mm und einem Seitenverhältnis $h/b \geq 3$ nicht erforderlich. In allen anderen Fällen ist ein Nachweis in Anlehnung an DIN EN 1995-1-1 [4] für den verbleibenden Restquerschnitt unter Berücksichtigung des ideellen Abbrandes sowie einer zusätzlichen Querschnittsreduzierung von 20 mm je beflammer Querschnittsseite zu führen. Die Bemessung kann unter der Annahme erfolgen, dass Festigkeits- und Steifigkeitseigenschaften nicht durch den Brand beeinflusst werden.

Für den Stabilitätsnachweis druck- und biegebeanspruchter Bauteile sind in der DIN EN 1995-1-2 keine Angaben enthalten. Über die Restnorm wird daher ge-

regelt, dass dieser Nachweis unter Verwendung des verbleibenden Restquerschnitts und einer Reduzierung der Festigkeits- und Steifigkeitsparameter geführt werden kann. Wenn die Aussteifung während der maßgebenden Brandbeanspruchung versagt, ist der Nachweis wie für einen unausgesteiften Stab zu führen. Ist das Versagen der Aussteifung mit einem gleichzeitigen oder vorherigen Versagen der lasteinleitenden Konstruktion verbunden, kann ein Stabilitätsnachweis druck- oder biegebeanspruchter Bauteile entfallen. Nach [5] darf beim Stabilitätsnachweis davon ausgegangen werden, dass die Aussteifung während der maßgebenden Brandbeanspruchungsdauer nicht versagt, wenn der verbleibende Restquerschnitt 60 % der für die Bemessung unter Normaltemperatur erforderlichen Querschnittsfläche beträgt und die Anschlüsse für die angestrebte Feuerwiderstandsdauer nach DIN EN 1995-1-2 nachgewiesen sind.

Für die Verstärkung von Durchbrüchen sind konstruktive Bedingungen vorgegeben, bei deren Einhaltung ein weiterer Nachweis entfallen kann.

VERBINDUNGEN

Für übliche Verbindungsarten, wie Nägel-, Stabdübel-, Passbolzen- und Schraubenverbindungen sind Nachweisverfahren in DIN EN 1995-1-2 enthalten. Die Restnorm enthält hier lediglich zusätzliche konstruktive Bedingungen, wie beispielsweise für die Ausführung von Verbindungen, die beispielsweise zur Lagesicherung dienen.

Darüber hinaus sind die bisherigen Regelungen zur Ausführung konstruktiv geschützter Verbindungen enthalten.

Hinsichtlich des Nachweises von Verbindungen mit Dübeln besonderer Bauart ist in der europäischen Norm keine Regelung enthalten. Hier ist das bisherige Verfahren der DIN 4102-4 in Verbindung mit der Anwendungsnorm DIN 4102-22 in die Restnorm aufgenommen worden.

Ebenso enthalten die europäischen Regelungen keine Angaben zum Nachweis von Verbindungen mit Versätzen. Für diese ist nach den Vorgaben der Restnorm für Feuerwiderstandsdauern von 30 und 60 Minuten nachzuweisen, dass die folgende Bedingung eingehalten ist.

$$F \leq \alpha_4 \cdot F_{c,\alpha,d} \cdot 0,8 \quad (7)$$

Dabei ist

$F_{c,\alpha,d}$ der Bemessungswert der Beanspruchbarkeit der anzuschließenden Strebe, oder von Ähnlichem, bei Bemessung der Versätze nach DIN EN 1995-1-1/NA, Abschnitt 12;

$$\alpha_4 = (t_v - \beta_n \cdot t_f) \cdot (b - 2 \cdot \beta_n \cdot t_f) / (t_v \cdot b) \quad (7a)$$

für ungeschützte Versätze (t_v ist die statisch erforderliche Versatztiefe)

$$\alpha_4 = (b - 2 \cdot \beta_n \cdot t_f) / (t_v \cdot b) \quad (7b)$$

für Versätze mit oberseitigen Decklaschen nach DIN 4102-4

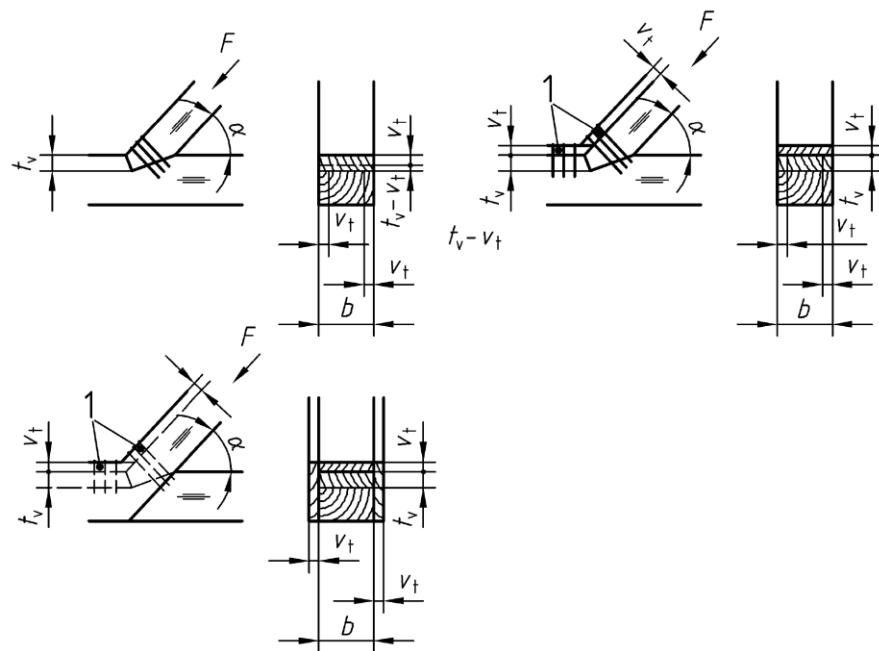
$$\alpha_4 = 1 \quad (7c)$$

für Versätze mit allseitigen Decklaschen nach DIN 4102-4

β_n Abbrandrate nach DIN EN 1995-1-2, Tabelle 3.1

t_f geforderte Feuerwiderstandsdauer in min

Der Versatz muss mit mindestens 3 Befestigungsmitteln lagegesichert werden.



- a Ungeschützter Stirnversatz
- b Stirnversatz mit Decklasche
- c Stirnversatz mit allseitigen Decklaschen

Bild 1 Mindestabmessungen bei Stirnversätzen nach DIN 4102-4 Bild 8.3

ZEITLICHER ABLAUF ZUR EINFÜHRUNG DER RESTNORM

Die neue Restnorm DIN 4102-4 wird voraussichtlich Anfang 2013 in einer Entwurfsfassung (Gelbdruck) für eine zweimonatige Einspruchsfrist veröffentlicht werden. Da die Eurocodes derzeit bereits bauaufsichtlich eingeführt sind, steht für die Planer bis zum Erscheinen der neuen DIN 4102-4 die bisherige Fassung von 1994 in Verbindung mit DIN 4102-4/A1 sowie DIN 4102-22 weiterhin zur Verfügung. Aus diesen Normen können die nicht den Teilen des Eurocodes widersprechenden Regelungen für den Nachweis im Brandfall übergangsweise verwendet werden.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Restnorm zur DIN 4102-4 regelt für den Holzbau die bisher bekannten Nachweisverfahren, die derzeit durch die europäischen Regelungen in der DIN EN 1995-1-2 nicht abgedeckt werden. Als wesentlich für den Holzbau ist dabei hervorzuheben, dass die Vielzahl der bislang in DIN 4102-4 klassifizierten Wand-, Decken- und Dachaufbauten erhalten bleibt und trotzdem mit den europäischen Regelungen zukünftig rechnerische Nachweisverfahren zur Verfügung stehen. Begründet ist diese Entscheidung durch die Tatsache, dass die rechnerischen Verfahren gegenüber experimentellen Nachweisen wegen der erforderlichen Vereinfachungen deutlich auf der sicheren Seite liegen und darüber hinaus bislang nicht für alle Materialien die erforderlichen Kennwerte für die rechnerischen Nachweise vorliegen.

Der Nachweis von stabförmigen Bauteilen und von den überwiegenden Verbindungsarten kann im Wesentlichen über die europäischen Vorschriften erfolgen. In der Restnorm sind für die Bauteile darüber hinaus Regelungen für Beanspruchungen aus Schub und Querkraft und für Stabilitätsnachweise enthalten, die im Eurocode bisher nicht behandelt sind. Bei den Verbindungen enthält die Restnorm neben weiterführenden konstruktiven Anforderungen zusätzliche Bemessungsvorschläge für den Nachweis von Verbindungen mit Dübeln besonderer Bauart für den Brandfall sowie für Versatzanschlüsse.

LITERATUR

- [1] DIN 4102-4:1994-03, Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 4: Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile
- [2] DIN EN 1995-1-2:2010-12, Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1.2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall
- [3] [DIN 4102-22:2004-11: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Teil 22: Anwendungsnorm zu DIN 4102-4.

- [4] DIN EN 1995-1-1:2010-12, Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1.1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau
- [5] Peter, M., Scheer, C. et al. Holz Brandschutz Handbuch. 3 Auflage, Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH und Co. KG, 2009

GRUNDLAGEN FÜR DIE ZULASSUNG UND NORMUNG DES BRANDVERHALTENS VON TEXTILEN FEUERSCHUTZVORHÄNGEN

Jochen Stöbich, Stöbich Brandschutz GmbH, Goslar

EINLEITUNG

Welche Feuerschutzvorhänge (-abschlüsse) sollen hier betrachtet werden?

Es handelt sich um eine Weltneuheit aus dem Hause Stöbich Brandschutz im Jahre 1996, dass Textilien, d. h. Glasfilamentgewebe, entwickelt wurden, um hiermit Raumöffnungen zu verschließen. Die Grundlagen waren die Ertüchtigung von Glasfilamentgewebe, so dass dieses Gewebe über vier Stunden und länger der ETK-Kurve standhält.

Was damals pioniermäßig begann, hat sich heute rund um die Welt ausgebreitet. Mehr als 50 Hersteller weltweit produzieren textile Feuerschutzabschlüsse (Vorhänge). Die folgenden Bilder 1 bis 6 zeigen die Vielfältigkeit, die mit textilen Strukturen erreicht werden können:



Bild 1 und 2 Feuerschutzabschlüsse für Wandöffnungen



Bild 3 Abschluss für Deckenöffnungen



Bild 4 Wärmedämmendes System



*Bild 5 Raumbildender Vorhang
EI 90 ohne Führungsschienen*



*Bild 6 Wärmedämmendes
System*

Erreichbare Feuerwiderstandsklassifikationen nach DIN EN 13501-2

Mit den diversen Gewebeentwicklungen können Abschlüsse unterschiedlicher Klassifikationen erreicht werden: Raumabschluss bis E 240, erhöhter Strahlungswiderstand bis EW 120, wobei die Klassifizierung in der DIN EN 13501-2 bei EW 60 endet.

WARUM HABEN SICH DIESE TEXTILEN SYSTEME WELTWEIT DURCHGESETZT UND WELCHE KUNDENNUTZEN BIETEN SIE?

1. Durch die kompakte Bauweise stören sie die Architektur kaum. Deshalb wurden sie auch des Öfteren ausgezeichnet – nach dem Motto: Brandschutz, den man nicht sieht.
2. Durch das geringe Gewicht und die nicht vorhandenen Ausdehnungskräfte bei Temperatureinwirkung sind die Anforderungen an die Gebäudestruktur gering.
3. Durch die unterschiedlichen Feuerwiderstandsklassifikationen E, EW oder EI sind sie ein idealer Baustein für die Brandschutzkonzepte, die sich nicht nur an die Landesbauordnungen klammern, sondern eine schutzzielorientierte Ausrichtung verfolgen.
4. Große Öffnungen können sowohl im Wand- wie auch im Deckenbereich abgeschottet werden.
5. Große Vielfalt der Einbaumöglichkeiten, auf der Wand, unter der Decke oder um die Ecke herum.
6. Feuerschutzabschlüsse für große Öffnungen, die ohne Zarge Klassifizierungen von EI 90 schaffen.

NEUE TECHNOLOGIEN - ABER KEINE GRUNDLAGE FÜR DIE BAUAUF- SICHTLICHEN ZULASSUNGEN

Der erste Antrag auf Zulassung von textilen Abschlusssystemen wurde am 19. Januar 2000 gestellt. Dieser Antrag ist damals am 3. Februar abgelehnt worden mit dem Hinweis auf die kommende Produktnorm und die damit verbundene CE-Kennzeichnung.

Weitere Anträge im Jahre 2001 wurden vom DIBt am 18. April 2002 beantwortet. Ein Auszug hieraus ist:

„Aus der Sicht des Sachverständigenausschusses (SVA) wäre eine Verabschiedung der europäischen Klassifizierungsnorm DIN EN 13501-2 „Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten“ [...] und deren Aufnahme in die Bauregelliste die Möglichkeit gegeben, Zulassungen für diese Bauprodukte zu erteilen, wobei im nationalen Zulassungsverfahren die Klassifizierung „E...“ (Raumabschluss; selbstschließend) zuerteilt werden könnte. Es gibt jedoch dazu in den Landesbauordnungen keine entsprechende bauaufsichtliche Anforderung, sodass in die Besonderen Bestimmungen der Zulassung der Hinweis aufzunehmen wäre, dass über die Verwendung des Feuerschutzvorhangs jeweils die zuständige Bauaufsichtsbehörde entscheiden muss. Diese Vorgehensweise bedarf jedoch noch der Zustimmung der dafür zuständigen bauaufsichtlichen Gremien.“

Der SVA stimmt darin überein, dass allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen für die Verwendung dieser Feuerschutzvorhänge im Inneren von Gebäuden aufgrund der Ergebnisse von Brandprüfungen nach DIN 4102-5 bzw. DIN EN 1364-1 sowie von Dauerfunktionsprüfungen nach DIN 4102-1 erteilt werden könnten.“

Bis es zu einer endgültigen Festlegung der Zulassungsrichtlinien für Feuerschutzabschlüsse kam, sollten noch viele Jahre vergehen. So blieb nur der Weg offen, sich an die Normen und Prüfanforderungen bzgl. Brandverhalten und Dauerfunktion zu halten, die allgemein für Feuerschutzabschlüsse gelten.

Leistungsnachweise durch Prüfungen

Aufgrund der fehlenden Richtlinien für die Zulassungen von textilen Feuerschutzvorhängen wurden ca. 100 Brandprüfungen und Dauerfunktionsprüfungen durchgeführt (siehe z. B. Bild 7). Da sie doch nicht alle den nun eingeführten Richtlinien entsprechen, weil entweder die Berichte der Materialprüfanstalten nicht anerkannt werden oder aber die Brandprüfungen sich nicht mit der Dauerfunktionsprüfung oder den Nachweisen des Brandverhaltens des Gewebes und dgl. decken, sind die Ergebnisse zwar technisch nutzbar, aber nicht für das nationale Zulassungsverfahren.



Bild 7 Beispiele von Brandprüfungen mit textilen Feuerschutzabschlüssen

VERWENDBARKEITSNACHWEISE

Zustimmung im Einzelfall

Da weder Verwendbarkeitsnachweise in Form von Produktnormen noch der Nachweis in bauaufsichtlichen Zulassungen vorlag, blieb nur der Weg über die Zustimmung im Einzelfall.

Allein von einer Firma sind in dem Zeitraum über 500 Zustimmungen im Einzelfall beantragt und erteilt worden. Dieser kostenträchtige Weg, aber noch mehr die Dauer, die Zeit, die notwendig war, um eine derartige Zustimmung im Einzelfall zu erlangen (meistens über viele Monate, manchmal auch über Jahre) haben bei der Akzeptanz und damit der Erringung von Marktanteilen große Hindernisse bewirkt.

Nationales Zulassungsverfahren für textile Feuerschutzvorhänge

Nachdem sich die textilen Feuerschutzvorhänge trotz der Hindernisse bezüglich der Verwendbarkeitsnachweise einen Markt eroberten und mehrere Hersteller auch das gleiche Begehren nach einer bauaufsichtlichen Zulassung hatten, wurden nach ca. 10 Jahren Diskussion und unendlicher Schleifen die Richtlinien für die Zulassungen niedergeschrieben.

RICHTLINIEN FÜR DIE ALLGEMEINE BAUAUFSICHTLICHE ZULASSUNG VON FEUERSCHUTZVORHÄNGEN

Mit den Richtlinien – Stand 21.07.2011 – wurden die Voraussetzungen vom DIBt festgelegt und mit dem Grundsatzausschuss 1 des DIBt (GA 1) des Sachverständigenausschusses „Brandverhalten von Bauteilen“ sowie der Projektgruppe Brandschutz und der Fachkommission Bauaufsicht abgestimmt. In diesen Richtlinien wurden der generelle Aufbau von Feuerschutzvorhängen, die Leistungsmerkmale, die Anwendungsbereiche und deren Einschränkungen sowie die bauordnungsrechtlichen Anforderungen fixiert.

Diese festgelegten Rahmenbedingungen finden sich dann in den bauaufsichtlichen Zulassungen wieder. Die ersten Zulassungen wurden im 2. Quartal 2011 erteilt.

FORDERUNGEN DES DIBT FÜR DAS ZULASSUNGSVERFAHREN VON FEUERSCHUTZVORHÄNGEN

Brandprüfung

Für die nationale Zulassung mit der E-Klassifizierung für das europäische Kriterium „Raumabschluss“ sind ausschließlich Prüfungen nach europäischen Normen für das Brandverhalten, den Feuerwiderstand und die Dauerfunktion erforderlich. Diese Prüfungen dürfen nur nach DIN EN 1634-1 durchgeführt werden. Mischprüfungen für andere Bereiche wie beispielsweise Rauchschürzen sind nicht zulässig. Mit der DIN EN 1634-1 werden die Einbausituation, die Größen und die Wandarten wie üblich geregelt.

Dauerfunktionsprüfung

Gemäß der DIN EN 14600 oder DIN EN 1191 ist die Dauerfunktionsprüfung für Tore und Feuerschutzvorhänge nur auf der Basis von DIN EN 12605:2000-08, Abschnitt 5.2 „Prüfung der Dauerhaftigkeit“ möglich.

Der Entwurf der Produktnorm DIN EN 16034:2010-1 verweist auf DIN EN 14600 als Klassifizierungsnorm und diese wiederum auf die DIN EN 12605.

National werden gemäß Prüfgrundsätzen mindestens 10.000 Öffnungs- und Schließzyklen gefordert. Gemäß der DIN EN 12605 ist der Prüfkörper einer vom

Hersteller festgelegten Anzahl von Prüfzyklen, multipliziert mit 1,1 zu unterziehen (vgl. Bild 8).



Bild 8 Dauerfunktionsprüfungen an textilen Feuerschutzabschlüssen

DIE ALLGEMEINE BAUAUFSICHTLICHE ZULASSUNG

Der Aufbau und die Aussagen der Zulassungen (Bild 9) entsprechen den üblichen Gepflogenheiten. Deshalb soll nur auf das Besondere hingewiesen werden.

Zulassungsstelle für Bauprodukte und Bauarten Bautechnisches Prüfamt Eine vom Bund und den Ländern gemeinsam getragene Anstalt des öffentlichen Rechts Mitglied der EOTA, der UEAtc und der WFTAO	
Datum: 26.05.2011 Geschäftszeichen: III 31-1.6.60-66/08	
Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung	
Zulassungsnummer: Z-6.60-2127	
Antragsteller: Stöbich Brandschutz GmbH Pracherstieg 6 38644 Goslar	
Geltungsdauer vom: 26. Mai 2011 bis: 26. Mai 2014	

Bild 9 Beispiel für eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung

Anwendungsbereich

1.2.2 – Da in der Regel bei der Verwendung von Feuerschutzvorhängen eine Abweichung von bauordnungsrechtlichen Vorschriften vorliegt, hat die Zulässigkeit – insbesondere hinsichtlich der Anordnung und Größe – die zuständige Bauaufsichtsbehörde in jedem Verwendungsfall zu entscheiden.

1.2.7. – Hier wird darauf hingewiesen, dass für die Beurteilung über den Einbau eines Feuerschutzvorhangs zu bedenken ist, dass Stoßsicherheit gegenüber einstürzenden und umfallenden Trümmerteilen berücksichtigt werden muss.

2.1.3.6 – Antrieb – Der Feuerschutzvorhang schließt im Auslösungsfall stromlos unter Eigengewicht (Gravity Fail Safe) mit geregelter Schließgeschwindigkeit.

1.3.7. – Die Feststellanlage muss eine bauaufsichtliche Zulassung haben, wobei das Zusammenspiel zwischen der Feststellvorrichtung mit der Dauerfunktionsprüfung und der Güteüberwachung bis zu der Feststellanlage ganzheitlich geprüft und nachgewiesen wird (Bild 10).

2.3.2. – Werkseigene Produktionskontrolle

2.3.3. – Fremdüberwachung mit den entsprechenden Überwachungsverträgen und dem Zertifizierungsvertrag

4. – Bestimmung für Ausführung und Einbau

4.1. – Der Antragsteller hat unter anderem eine Liste der Einbauer und Errichter zu führen, die aufgrund der Unterweisung ausreichende Fachkenntnisse besitzen, den Zulassungsgegenstand herzustellen. Diese Liste ist in Deutschland für Bauanträge vorzulegen.

4.4. – Abnahme – An jedem eingebauten Feuerschutzvorhang ist eine Abnahmeprüfung durch eine für die Bauaufsicht anerkannte Prüfstelle durchzuführen (siehe z. B. Bild 11).

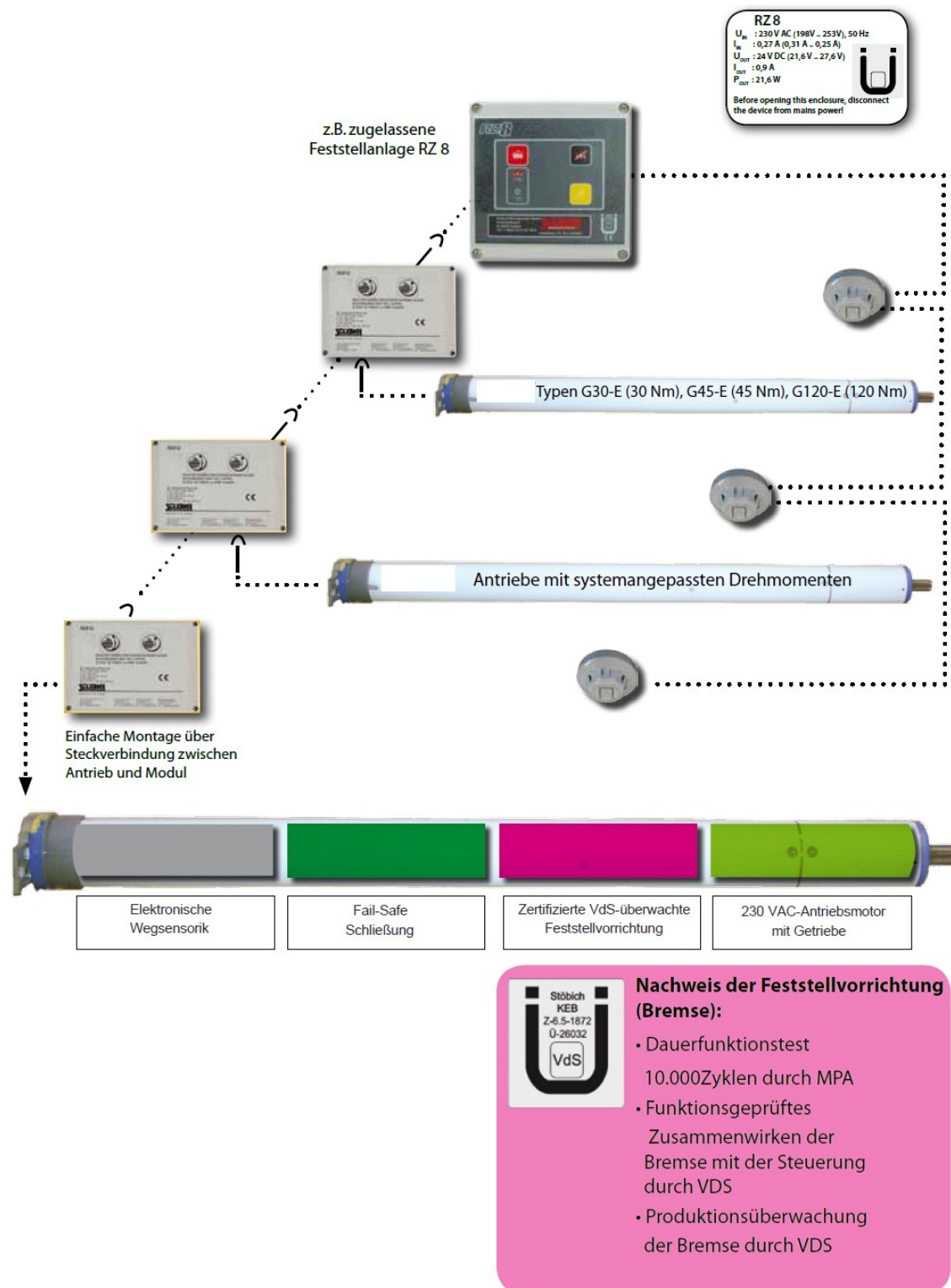


Bild 10 Für eine zugelassene Feststellanlage ist es notwendig, dass der Nachweis der Feststellvorrichtung typengeprüft für die Anlage erbracht wurde.

Dipl.-Ing. Dietmar Schleicher Ingenieurbüro für vorbeugenden baulichen Brandschutz Feuerwiderstand – Rauchschutz – Dauerfunktion	
--	--

ÜBERWACHUNGSVERTRAG UND ZERTIFIZIERUNGSVERTRAG

Nr.- 003/52/11

Zwischen

dem Hersteller: als Hersteller des in § 1 bezeichneten Bauprodukts - im folgenden Hersteller genannt - und der Überwachungs- und Zertifizierungsstelle als bauaufsichtlich anerkannte Überwachungs- und Zertifizierungsstelle für die Fremdüberwachung und Zertifizierung - im folgenden Ingenieurbüro D. Schleicher genannt - wird folgender Überwachungs- und Zertifizierungsvertrag geschlossen.	Stöbich Brandschutz GmbH Pracherstieg 6 D-38644 Goslar Ingenieurbüro D. Schleicher Banslebenring 25 D-38170 Kneitlingen
--	--

Dietmar Schleicher Banslebenring 25 D-38170 Kneitlingen	Tel.: +49 (0) 5332 - 9464107 Fax.: +49 (0) 5332 - 947185 E-Mail: gueez@ds-brandschutz.de	Braunschweigische Landessparkasse Konto Nr. 0151312741 (BLZ 250 500 00) Steuer - Nr. 51/140/00221
---	---	---

Allgemein bauaufsichtlich anerkannte Überwachungs- und Zertifizierungsstelle für Bauprodukte und Bauarten nach NBauO.
 Für die Anerkennung gelten die im Anerkennungsbescheid Az.: 503.2-24 132/7-4.1.2.26 aufgeführten Bauprodukte.

Bild 11 Beispiel für einen Überwachungsvertrag mit einer anerkannten Prüfstelle

BLICK IN DIE ZUKUNFT

Aufnahme in die Prüfnorm prEN 1634-1:2012 (D)

In der Überarbeitung dieser Norm wurde den textilen Vorhängen Rechnung getragen. Hierzu einige Auszüge:

„1 Anwendungsbereich

Diese europäische Norm legt ein Verfahren für die Bestimmung der Feuerwiderstandsdauer von Türen, Toren, Abschlüssen und Fenstern fest, die für den Einbau in Öffnungen von vertikalen raumabschließenden Bauteilen vorgesehen sind, wie z. B.:

- a) Drehflügeltüren und -tore;
- b) – f) ...;
- g) Feuerschutzvorhänge.

Diese Europäische Norm gilt in Verbindung mit EN 1363-1.

3 Begriffe

3.18 Feuerschutzvorhang

Tür mit einem Flügel, der aus Gewebe in Kombination mit weiteren Werkstoffen besteht und ein oder mehrere Einzelteile umfasst

13 Direkter Anwendungsbereich der Prüfergebnisse

13.3.3 Produkttypabhängige Größenänderungen

Die Regeln, die eine Vergrößerung oder Verkleinerung der Abmessungen ohne zusätzliche Abwägungen beschreiben, kann nur bei den folgenden sechs Hauptproduktgruppen angewendet werden:

- 1) Drehflügeltüren und -fenster;
- 2) – 5) ...;
- 6) Feuerschutzvorhänge.“

PRODUKTNORM DIN EN 16034 FENSTER, TÜREN UND TORE – PRODUKTNORM, LEISTUNGSEIGENSCHAFTEN – FEUER- UND/ODER RAUCHSCHUTZEIGENSCHAFTEN

Die zu erwartende Produktnorm DIN EN 16034:2010-01 umfasst auch die textilen Feuerschutzvorhänge.

Spezifisch sind im Anwendungsbereich unter Punkt 1.1. Feuerschutzvorhänge mit aufgenommen.

Damit gelten die gleichen Anforderungen wie an sonstige Feuerschutztüren und -tore – bei der Klassifizierung bis hin zu den werkseigenen Produktionskontrollen. Mit der Einführung dieser Produktnorm werden die textilen Feuerschutzvorhänge ein genormtes Produkt und die Verwendbarkeit mit dem CE-Kennzeichen dokumentiert.

Damit entspannt sich die Problematik über die Verwendbarkeitsnachweise. Für die gängigste Art der Feuerschutzvorhänge – das sind die Systeme, die in Wandeinbaulage mit vertikaler Schließrichtung von oben nach unten gebaut werden – wurde ein Extrapolationsverfahren nach der EXAP DIN EN 15269-11 gestartet. All die anderen Systeme können nur in der direkten Anwendung der Prüfergebnisse mit dem CE-Zeichen versehen werden.

EXAP DIN EN 15269-11

Von der CEN TC 127/WG 3 - TG 4 wurde von einer internationalen Gruppe unter der Leitung von Herrn Bert Maas (Niederlande) die Arbeit mit der EXAP (Extended Application) für textile Systeme am 23.01.2008 in Nijmegen begonnen. Das Mandat betrifft nur Systeme in Wandeinbaulage mit Schließrichtung von oben nach unten.

In Anlehnung an die EXAP für Rolltore wurde folgender Status erreicht:

CEN/TC 127 Date: 2010-11 prEN 15269-11:2010 CEN/TC 127 Secretariat: BSI Extended application of test results for fire resistance and/or smoke control for door, shutter and openable window assemblies, including their elements of building hardware — Part 11: Fire resistance for operable fabric curtains ICS: Descriptors: Document type: European Standard Document subtype: Document stage: CEN Enquiry Document language: E C:\Dokumente und Einstellungen\bus/Lokale Einstellungen\Temporary Internet Files\OUK185EN_15269-11_E_final 050712.doc STD Version 2.3a		Contents Page Foreword 3 1 Scope 4 2 Normative references 4 3 Definitions 5 3.1 General 5 3.2 Definition of parts 5 4 Determination of the field of extended application 5 4.1 General 5 4.2 Procedure for maximum field of extended application 5 4.3 Procedure for maximum field of extended application 5 4.4 Interpretation of test results 6 4.5 Additional measurements 6 5 Extended application report 6 6 Classification report 7 Annex A (Normative) Construction parameter variations for Fabric Curtain assemblies 8 Annex B 37 B.1 Calculation principles 37 B.2 Calculation of limiting stress 37 B.3 Barrel calculations 38 B.4 Barrel support bracket calculations 40 B.5 Aisle calculations 41 B.6 Endplate Calculations 42 B.7 Shrinking of curtain material 45 B.8 Bottom bar expansion allowance 45 B.9 Maximum length of the bottom bar resp. bottom bar sections see fig C54/C55 45 B.10 Calculation method increasing curtain width and height 46 B.11 Maximum stress in the tested curtain (for information). See fig A.55 47 B.12 Maximum Load bearing capacity in horizontal direction. Fig A.55 47 B.13 Maximum load bearing capacity in vertical direction 48 B.14 Minimum requirements for increasing overlapping systems 48 B.14.1 General methodology 48 B.14.2 Input parameters 48 B.14.3 Calculation example „Fehler! Textmarke nicht definiert.“ B.15 Maximum stress in the scaled curtain 50 B.16 Minimum requirements for increasing overlapping systems „Fehler! Textmarke nicht definiert.“ Annex C Scalability of fire curtain systems (Informative) 53 C.1 Single factors 53 C.1.1 Mechanic loads 53 C.1.2 Weakening of materials 57 C.1.3 Heat radiation 58 C.1.4 Thermal insulation 58 C.2 Superposition of single factors 59 C.2.1 Recommendations 59 C.2.2 Scaling of cross sections 59 prEN15269-11 2012 27.06	
---	--	---	--

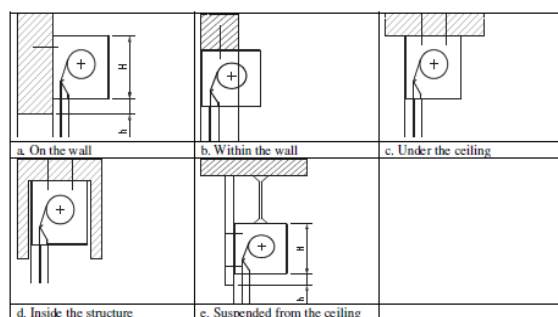


Table A.2.1 Alternative installation from that tested is possible

	a	b	c	d	e
a	YES ¹⁾	YES	NO	NO	YES ¹⁾
b	NO	NO	NO	NO	NO
c	NO	YES ¹⁾	NO	NO	NO
d	YES	YES	YES	YES	YES
e	NO	NO	NO	NO	NO

¹⁾ No additional overlapping is allowed between side guide and wall (see point C3; w=0)

Figure A.2: Mounting situation of lintel to casing

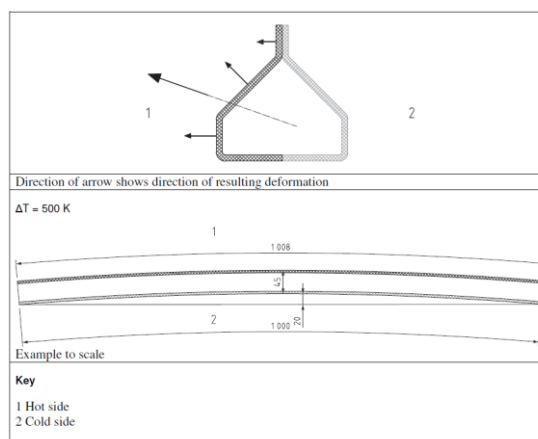


Figure A.49: Deformation of Bottom Bar under Thermal Gradient

Table A1

Construction Parameter	Variation	Influence of variation on performance characteristic			Possibility of extension 1.1.1.1	Additional Evidence Required 1.1.1.2
(1)	(2)	(3)			(4)	(5)
		E	I	W		
A General						
A1. Size variations / construction						
A1.1 Width between guides	Decrease	>=<	>=<	≥	Possible providing tightness and expansion clearances are not reduced	
A1.2 Width between guides	Increase	>=<	>=<	<	E, EI, EW Possible providing the static requirements for fixings and load-bearing constructions are fulfilled and the requirements of Annex B are satisfied EW Possible providing the radiation criteria given in Annex B of EN 15254-4:2008 are complied with	According to 1) Shrinking of curtain material. *see B.7 2) Maximum load bearing capacity in horizontal direction. *see B.12 3) Maximum load bearing capacity in vertical direction. *see B.13 4) Deflection of bottom bar and curtain calculation *see B.8 - 11 and Annex C The smallest scaling factor is limiting the increasing of the dimension
A1.3 Opening height	Decrease	>=<	>=<	≥	Possible providing tightness and expansion clearances are not reduced	

Plan ist, dass im Oktober 2012 das Dokument zur Ersten Umfrage (First Inquiry) weitergeleitet werden soll.

ZUSAMMENFASSEND

Eine Produktidee für einen textilen Feuerschutzvorhang aus dem Jahre 1996 hat 2011 den Verwendbarkeitsnachweis in Form einer bauaufsichtlichen Zulassung in Deutschland erhalten und wird nun ein geregeltes Bauprodukt nach der DIN EN 16034.

Ein innovatives Brandschutzprodukt hat seinen Weg gemacht.

GRUNDLAGEN FÜR DIE ZULASSUNG UND NORMUNG DES BRANDVERHALTENS VON FASSADENBEKLEIDUNGEN

Ingolf Kotthoff

Ingenieurbüro für Brandschutz und Fassaden. Stadtlengsfeld

EINLEITUNG

Die Brandausbreitung über die Gebäudeaußenwand wurde in der Vergangenheit aus brandschutztechnischer Sicht eher als von untergeordneter Bedeutung eingestuft, da in Zeiten des klassischen Massivbaus – Mauerwerk bzw. später auch Stahlbetonbau – die Gebäudeabschlusswände in der Regel vollständig – einschließlich ihrer Außenseite, der Fassade – aus nichtbrennbaren Materialien hergestellt wurden und als Abschlussbeschichtung meist ein mineralisch gebundener Verputz (Kalk-Zement) zum Einsatz kam. Eine fortschreitende Brandweiterleitung durch ein Lauffeuer auf der Fassade selbst bzw. eine Brandübertragung zwischen benachbarten Gebäuden durch Entflammung brennbarer Außenwandflächen infolge von Wärmestrahlung konnte bei dieser Bauart nicht stattfinden. Bedingt durch eine relativ große Geschosshöhe, kleine Außenwandöffnungen und eine im Vergleich zu heutigen Raumausstattungen relativ geringe Dichte mobiler Brandlasten in den an die Außenwand angrenzenden Räumen waren Schadensfälle mit geschossweiser Brandübertragung über Außenwandöffnungen eher selten. In den letzten Jahrzehnten änderte sich sowohl die funktionelle Bedeutung der Fassade als auch ihre Gestaltung entscheidend. Mit den sich zunehmend verstärkenden internationalen Bemühungen zum Erhalt einer intakten Umwelt verbindet sich auch die Forderung nach dem sorgsamsten Umgang mit den natürlichen Ressourcen des Planeten. Einen Schwerpunkt bilden dabei die Energieeinsparung und die damit erhoffte Reduzierung des Kohlendioxidausstoßes bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe in die Atmosphäre. Die Gebäudeaußenwand als wesentlicher Teil der Gebäudehülle wurde zunehmend energetisch interessant. Durch eine verbesserte Wärmeisolierung sollen die Energieverluste durch unnötiges Entweichen von Wärme aus dem Gebäude minimiert werden. Im Bereich der Niedrigenergie- und Passivhäuser finden mittlerweile Dämmdicken von bis zu 300 mm, in Einzelfällen bis zu 500 mm, Anwendung. Häufig werden dabei zur Wärmedämmung brennbare Materialien eingesetzt, die zu einem deutlich erhöhten Eintrag brennbarer Baustoffe in die Fassade und damit zu einem höheren Brandrisiko führen.

Dieser Entwicklung gegenüber steht der zunehmende Wunsch der besseren Belichtung der Räume durch erhöhten Tageslichteinfall. Die Flächen der Außenwandöffnungen vergrößerten sich immer mehr, vom ursprünglichen Fenster bis hin zur geschosshohen Vollglasfassade ohne massive opake Unterbrechungen. Die geschossweisen, feuerwiderstandsfähigen und nichtbrennbaren Feuerüberschlagswege zwischen übereinander liegenden Außenwandöffnungen wurden damit drastisch reduziert. Die mangelnde Isolierwirkung der Verglasungen soll u. a. durch Mehrschichtkonstruktionen in Form von Doppelglasfassaden kompensiert werden. Diese Bauart birgt wiederum das Risiko der

Brandweiterleitung über geschossübergreifende Hohlräume, in denen sich die Flammen eines Primärbrandes wie in einem Kamin nach oben ausbreiten können. Ein ähnlicher Effekt ist auch bei vorgehängten, hinterlüfteten Fassadenbekleidungen im Hinterlüftungsspalt möglich. Diese Entwicklungen führten letztlich dazu, dass sich das Risiko einer Brandweiterleitung über die Außenwand heute deutlich kritischer darstellt als in der Vergangenheit. Das Baurecht trägt diesem Umstand zunehmend in der Novellierung baurechtlicher Bestimmungen durch ergänzende oder verschärfte brandschutztechnisch-schutzzielorientierte Forderungen Rechnung. Für eine detaillierte Festlegung von vorbeugenden Brandschutzmaßnahmen, ob passiv durch bauliche oder reaktiv durch anlagentechnische Maßnahmen, fehlen jedoch häufig gesicherte Erkenntnisse zum prinzipiellen Brandgeschehen an der Gebäudeaußenwand. Gleichzeitig ergibt sich die Schwierigkeit, dass die bisher angewendeten, in der Regel kleinmaßstäblichen Laborprüfverfahren, die sich zum Teil auf die Bestimmung der Brennbarkeit der einzelnen Fassadenkomponenten beschränken, nicht in der Lage sind, das Brandverhalten komplexer Fassadensysteme zu beschreiben.

DER REALE BRAND – BEMESSUNGSBRÄNDE

Brandszenarien an der Außenwand

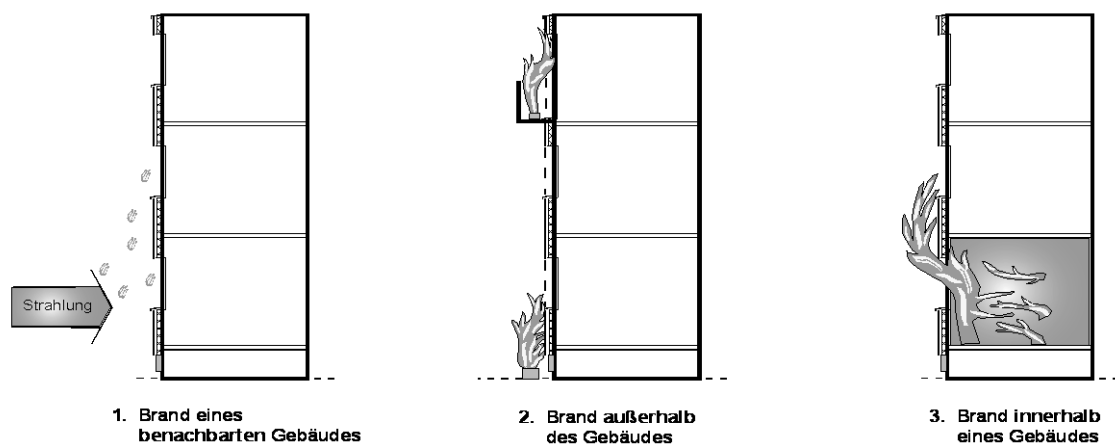


Bild 1: Brandszenarien an der Gebäudeaußenwand

Die Ausbreitung eines Brandes an der Gebäudeaußenwand wird durch Art und Intensität sowie den Ort des Entstehungsbrandes beeinflusst. Die Oberfläche einer Gebäudeaußenwand, die Fassade, kann durch drei Brandszenarien thermisch beansprucht werden (Bild 1).

- **Szenario A – Brand eines benachbarten Gebäudes**

Die Oberfläche der Außenwand wird im Wesentlichen durch Wärmestrahlung beansprucht. Die Intensität der auftreffenden Wärmestrahlung ist abhängig vom Entwicklungsstadium des Brandes, der Größe der strahlenden Fläche, dem Abstand des Nachbargebäudes und der Stellung der Gebäude zueinander (Winkel). Eine kurzzeitige thermische Beaufschlagung der Fassadenoberfläche

(Scheiben bzw. außenliegende Rahmenteile) durch so genannte „fliegende Brände“ ist lokal möglich.

- Szenario B – Brand außerhalb des Gebäudes, unmittelbar an der Fassade

Als Brandorte kommen in Frage: der Geländeanschluss des Gebäudes (Sockel) und – falls vorhanden – Balkone, Loggien und „Laubengänge“. Typische Brandquellen am Gebäudefuß stellen z. B. abgestellte Fahrzeuge (Bild 2), Müllcontainer (Bild 3), Sperrmüll und Vegetation dar. Als Brandquellen auf Balkonen kommen z. B. Sitzmöbel, Verpackungsmaterialien oder Grillgeräte in Betracht. Die Brandentwicklung ist ausschließlich abhängig von Art und Menge der vorhandenen Brandlast, da der für die Verbrennung benötigte Sauerstoff immer ausreichend zur Verfügung steht – „brandlastgesteuerter“ Brand. Die Intensität des Brandes kann von einem kleinen Entstehungsbrand bis zum vollentwickelten Brand reichen. Thermisch beansprucht werden die Fassadenanschlüsse (z. B. Sockel) und die Oberfläche der Fassade.

- Szenario C – Brand innerhalb des Gebäudes in einem an die Außenwand grenzenden Raum mit Öffnung

In einem an die Außenwand grenzenden Raum kommt es zu einem Entstehungsbrand, der sich in Abhängigkeit von der vorhandenen Brandlast und den Ventilationsbedingungen entwickelt – „ventilationsgesteuerter“ Brand. Bei geschlossenen Raumöffnungen (Fenster bzw. Türen) kann der Brand wegen des unzureichenden Sauerstoffangebotes zum Erliegen kommen oder er geht in einen Schmelbrand über. Bei ausreichendem Frischluftnachschub – durch eine Öffnung in der Gebäudeaußenwand, wenn z. B. ein Fenster oder eine Balkontür von Beginn des Brandes an offen steht oder durch den Brand selbst zerstört (Verglasungen) wird, oder durch eine offene Tür zu einem angrenzenden Raum – geht der Brand im Raum durch „flash-over“ (Durchzündung) in den Vollbrand über und Flammen treten durch die Öffnung aus. Beim Flammenaustritt auf die Fassade durch ein Fenster werden die Öffnungsanschlüsse (Rahmen), der Sturz und schließlich die Oberfläche der Außenwand beaufschlagt.

Bei Einhaltung der baurechtlich vorgeschriebenen Gebäudeabstände geht vom Szenario A keine relevante Gefährdung für Fassadenbekleidungen aus, sodass diese Brandsituation im Weiteren nicht betrachtet wird.

Brand vor der Fassade

Ein Brand vor oder in einem geringen Abstand von der Außenwand entwickelt sich in Abhängigkeit von der Art und Masse der zur Verfügung stehenden Brandlast, d. h. brandlastgesteuert, da der für eine vollständige Verbrennung notwendige Sauerstoff hinreichend in der Atmosphäre zur Verfügung steht. Ohne Windeinfluss steigt der Heißgasplume der Flamme senkrecht nach oben auf. Eine unmittelbare konvektive Beanspruchung ist nur dann gegeben, wenn sich die Brandlast direkt an der Fassade befindet oder Luftströmungen den Flammenplume an die Fassade drücken. Gleichzeitig ist die Wärmestrahlung der Flamme zu beachten. Von wesentlicher Bedeutung ist auch die Primärflamme

des Brandgutes, da durch einen derartigen Brand nicht nur eine brennbare Fassadenoberfläche entflammt werden kann, sondern auch eine Brandweiterleitung durch die Flamme selbst über Außenwandöffnungen in das Erdgeschoss erfolgen kann.



*Bilder 2 und 3
PKW und Müllsammelbehälter
(Papier) im Vollbrand*

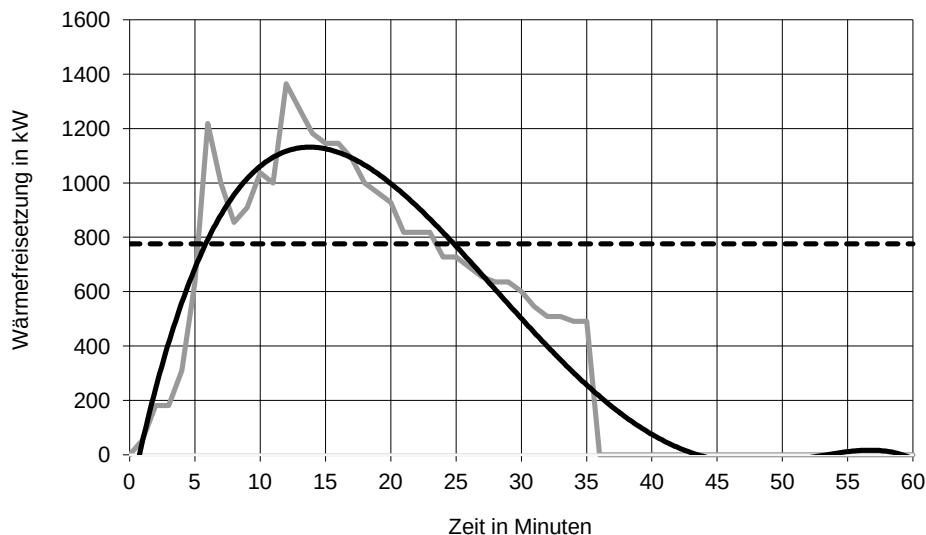
Im Rahmen eines Untersuchungsprogramms der MFPA Leipzig wurden dazu insgesamt 7 Versuche an realen Brandgütern (Tabelle 1) und 8 Kalibrierversuche unter Verwendung unterschiedlich großer Holzkrippen und Poolbrände (Isopropanol, Methanol) durchgeführt.

Tabelle 1 Übersicht über die Brandversuche mit realen Brandlasten

	Wärmefreisetzung [kW]	Zeitpunkt des Vollbrandes [min]	Brenndauer [min]	max. Flammhöhe [m] *
Kleinwagen (PKW)	1.850	15	35 (20)	3,3 (2,8)
Kräder (2)	370	4	25 (15)	2,1 (2,5)
Mülltonnen (2)	530	10	40 (15)	2,3 (1,8)
Mülmischcontainer	2.350	20	45 (25)	3,2 (2,7)
Plastsammelcontainer	820	7	35 (15)	3,7 (3,0)
Papiersammelcontainer	1.370	7	35 (10)	3,8 (3,1)
Sperrmüll (kleine Brandlasten)	720	5	25 (10)	2,3 (1,7)

Von den möglichen Brandszenarien für einen Brand am Geländeanschluss eines Gebäudes sind der Brand eines PKW und der Abbrand von Müllsammelcontainern für die Außenwand am kritischsten. Die Energieabgaben dieser Feuer liegen zwischen 0,8 MW und 2,3 MW. Bei diesen Bränden besteht infolge der ermittelten Flammhöhen von durchschnittlich 3 m eine hohe Wahrscheinlichkeit, dass es auch bei nicht bekleideten, nichtbrennbaren Fassaden über Außenwandöffnungen nach endlicher Zeit (15 bis 20 Minuten) zu einem Brandeintritt in das Gebäudeinnere kommen kann. Das Vorhandensein brennbarer Fassadenbekleidungen erhöht diese Wahrscheinlichkeit. Die Brände von Krafträdern, Sperrmüll mit einem Gewicht von nicht mehr als 50 kg (bei hoher Packungsdichte) und Mülltonnen führen zu keiner gleich hohen thermischen Beanspruchung.

Auf Grundlage dieser Ergebnisse kann als kritischer Bemessungsbrand am Fassadenfuß der Brand eines Müllsammelbehälters angesetzt werden (Bild 4). Als Bezugsbrand wird der eines Papiersammelcontainers (ca. 150 kg Gesamtmasse bei ca. 60 kg Kunststoffanteil und 90 kg Pappe und Papier) angesetzt, der infolge seiner hohen Energieabgabe eine hinreichend große thermische Beanspruchung darstellt.



- Besonderheiten:
nahezu sofortige Brandbeanspruchung der Fassade brandlastgesteuerter Abbrand
- Branddaten:

Beginn der Flammenbeanspruchung:	3. – 7. min
Dauer der Vollbrandbeanspruchung:	10 – 15 min
Gesamtbranddauer:	20 – 35 min
durchschnittliche Flammenhöhe:	2,5 – 3 m
maximale Flammenhöhe:	3,8 m
maximale Energiefreisetzung:	1,2 – 1,5 MW

Bild 4 Wärmefreisetzung Bemessungsbrand (Müllsammelbehälter) am Fassadenfuß

Brand aus einem Raum auf die Fassade

Die nachfolgend angeführten Aussagen basieren auf den Ergebnissen von ca. 130 Raumbrandversuchen, die in den letzten 15 Jahren in der MFPA Leipzig durch den Verfasser durchgeführt wurden, und ergänzenden Berechnungen auf der Grundlage von Ingenieurmethoden und Brandsimulationen mit Zonen- und Feldmodellen. Die brandphysikalischen Vorgänge bei einem Raumbrand mit Flammenaustritt vor die Fassade sind zu komplex, um hier ausführlicher dargestellt werden zu können, daher erfolgt nur ein zusammenfassender Überblick.

Die folgenden Bilder 5 bis 8 verdeutlichen verallgemeinernd die Brandentwicklung in einem Raum mit einer Grundfläche von ca. 20 m² (Höhe 2,8 m), einer 2 m breiten und 1,4 m hohen Fensteröffnung bei einer praxisgerechten Wohnraummöblierung mit einer Brandlastdichte von ca. 600 MJ/m².



Bild 5 Entstehungsbrand

- örtlich begrenzt Brandfläche
maximal 1 m²
- Temperaturen unter Decke
kleiner als 200°C
- beginnende Rauchsichtung,
kein Rauchaustritt vor die
Fassade
- Energieabgabe < 0,5 MW



Bild 6 Entwickelter Brand

- räumliche Ausdehnung 1 - 4 m²
- Flammen unter der Decke
lokal über der Zündstelle 500°C
- Heißgasschicht 200 – 350°C
- Rauchaustritt auf die Fassade
Temperaturen < 300 °C
- Energieabgabe 0,8 bis 1,5 MW



Bild 7 „flash-over“ (Durchzündung)

- rasche Vergrößerung der
Brandfläche
- Heißgasschicht unter der Decke
(500 – 600 °C)
- Pyrolyse aller Möbeloberflächen
durch Wärmestrahlung
- Gasexplosion mit spontaner
Volumenvergrößerung
- Energieabgabe 2 bis 3 MW



Bild 8 Vollbrand

- der Raum ist vollständig mit Flammen
erfüllt
- Temperaturen im gesamten Raum
zwischen 600 und 1000°C
- flächige Beanspruchung der raumbe-
grenzenden Bauteile
- Flammenaustritt auf die Fassade
„Abfackeln“ unverbrannter Pyrolysegase
nach Durchmischung mit Frischluft
(„Gasbrenner“)
- Energieabgabe:
 - ~ im Raum: 4 – 6 MW
 - ~ vor der Fassade: 1 – 2 MW

Für die thermische Beanspruchung der Fassade ergeben sich unter obigem Ansatz folgende verallgemeinerungswürdigen Aussagen als Bemessungsbrand:

- Zeitpunkt des „flash-over“: zwischen 7. und 25. Minute; Mittelwert 12,5 min
- Energieabgabe im Brandraum: zwischen 5 und 6 MW
- Dauer des Flammenaustritts vor die Fassade: 15 bis 25 Minuten
- sichtbare Flammen ($T \approx 540 \text{ }^{\circ}\text{C}$) oberhalb des Fenstersturzes:
 - durchschnittliche Länge 2,8 bis 3,5 m, maximale Länge 6,5 m
 - Flammendicke 1 bis 1,5 m
- Energieabgabe der Flammen vor der Fassade oberhalb des Sturzes: 1-2 MW
- Temperaturen unterhalb des Fenstersturzes:
 - über einen Zeitraum von 30 Minuten mindestens entsprechend der ETK bzw. ISO- Standardkurve, nach dem „flash-over“ deutlich darüber
 - gleich den, oder höher als die Temperaturen unter der Decke des Brandraumes
 - über 15 bis 20 Minuten zwischen 700 und 900 $^{\circ}\text{C}$

DISKUSSION DER EXPERIMENTELLEN ERGEBNISSE VOR DEM HINTERGRUND BAURECHTLICHER FORDERUNGEN

Ein Brand innerhalb eines Gebäudes in einem – an eine feuerwiderstandsfähige Außenwand grenzenden – Raum mit Belichtungsöffnungen (Fenster, Türen etc.) geht bei hinreichender Ventilation nach endlicher Zeit durch flash-over in den Vollbrand über. Erst ab diesem Zeitpunkt treten Flammen durch die Außenwandöffnungen vor die Fassade aus, vorher reicht der im Raum selbst vorhandene Sauerstoff für den Abbrand. Die Temperaturen der vorher aus dem oder den Fenstern des Brandraums austretenden Brandgase überschreiten Werte von 300 $^{\circ}\text{C}$ nicht und sind somit nicht in der Lage, brennbare Fassadenbestandteile bei einer Beanspruchungsdauer von ca. 12 – 13 Minuten zu entflammen. Nach dem flash-over kommt es zum Flammenaustritt vor die Fassade ($T > 500 \text{ }^{\circ}\text{C}$). Die unverbrannten Pyrolysegase mischen sich mit Frischluft, verbrennen vor der Fassade in Form eines „Gasbrenners“ und erreichen dabei nach Ansatz des oben abgeleiteten „Bemessungsbrandes“ bei einem „Standardfenster“ eine durchschnittliche Höhe von ca. 3 - 3,5 m oberhalb des Sturzes der Außenwandöffnung, auch wenn die Fassade massiv in nichtbrennbarer Bauart ohne eine Außenwandbekleidung (hier WDVS) ausgeführt ist. Die Flammen vor der Fassade besitzen eine Wärmeenergie von ca. 1 bis 2 MW. Bei einer Außenwandgestaltung eines Gebäudes als sogenannte „Lochfassade“ bzw. als „Fensterbänder“ mit einem Brüstungsabstand von minimal ca. 0,7 m und bei seitlich versetzter Fensterposition maximal ca. 3,5 m („Apartmentfassaden“) zwischen übereinander liegenden Außenwandöffnungen ohne feuerwiderstandsfähigen Verschluss wird das Fenster der nächsten Etage vollständig und das der übernächsten Etage oberhalb der Brandausbruchsstelle noch intermittierend mit Flammen beaufschlagt. Ein Eindringen des Brandes in das nächste Geschoss ist somit nach endlicher Zeit auch an einer vollständig nichtbrennbaren Fassade ohne ein Löschen des Brandes sicher. Dieser Prozess setzt sich ohne rechtzei-

tiges Eingreifen der Löschkräfte der Feuerwehr ungehindert wie ein „Bockspringen“ („leap frogging“) nach oben fort und kann zusätzlich beschleunigt werden, wenn Fenster in dem über dem Brandraum liegenden Geschoss geöffnet sind.

- Fall A: „Grundsituation“ bei einem Massivbau mit nichtbrennbarer Fassade

Geht man von der im Fall A dargestellten „Grundsituation“ aus, die das Vorhandensein feuerbeständiger Brüstungen zwischen den Etagen in 1 – 2 m Höhe einschließt, so ergibt sich unter günstigen Brandentwicklungsbedingungen (Fenster im Raum geöffnet) *konservativ* eine Zeit bis zur Durchzündung des Brandraumes von ca. 15 Minuten. Erst ab diesem Zeitpunkt treten Flammen aus dem Brandraum aus. Die Temperatur der vorher ausströmenden Heißgase ist zu gering ($T < 300\text{ °C}$), um eine Entflammung fester brennbarer Materialien zu bewirken. Spätestens nach einer Zeitdauer von 10 Minuten nach dem Flammenaustritt – in der Regel früher – findet eine Brandübertragung in das nächste Geschoss statt, d. h. vom Zeitpunkt des Brandbeginns an spätestens nach 25 Minuten. Innerhalb dieser Zeit muss ein Löschangriff der Feuerwehr erfolgen, wenn eine Brandausbreitung in weitere Etagen allein über übereinanderliegende Außenwandöffnungen auch bei vollständig massiver Bauweise vermieden werden soll. Ohne ein Ablöschen ist der Brand auch in diesem Raum nach weiteren 15 Minuten in den Vollbrand übergegangen und die Brandausbreitung setzt sich über die Fassade weiter nach oben fort.

Ein derartiger Brandüberschlag über Außenwandöffnungen kann nur durch folgende vorbeugende Brandschutzmaßnahmen verhindert werden:

- Reduzierung der Brandentwicklung im Brandraum,
- Ableitung der austretenden Flammen von der Fassade,
- einen hinreichenden hohen vertikalen Feuerüberschlagsweg,
- brandsichere Ausbildung von Wänden und Öffnungsverschlüssen in den über der Brandausbruchsstelle liegenden Geschossen,
- einen rechtzeitigen Löschangriff der Feuerwehr.

Da diese Maßnahmen bei Gebäuden normaler Art und Nutzung – von besonders exponierten Fassadenbereichen abgesehen – baurechtlich nicht explizit gefordert werden, lässt sich im Rückschluss daraus ableiten, dass die Brandweiterleitung in das oberhalb der Brandausbruchsstelle liegende Geschoss in endlicher Zeit, die allerdings deutlich unterhalb der geforderten Feuerwiderstandsdauer der Geschossdecken (in der Regel 90 Minuten) liegt, baurechtlich toleriert wird. Offensichtlich geht man davon aus, dass der Löschangriff der Feuerwehr rechtzeitig erfolgen kann, was bei der festgelegten Brandschutzhilfsfrist von 9,5 Minuten zuzüglich einer Rüstzeit von 3 Minuten (Löschbeginn nach ca. 12,5 Minuten) bei Gebäuden mittlerer Höhe durchaus berechtigt ist.

- Fall B: nichttragende Außenwände („curtain walling“)

Bei einer nichttragenden Ausbildung der raumabschließenden Außenwände (eingestellte bzw. vorgesetzte Montage) ist eine zum Fall A zusätzliche Brandausbreitung über die Anschlussfuge zwischen den Deckenköpfen oder in ge-

schoßübergreifenden Hohlräumen („Doppelfassaden“) möglich, die zeitlichen Abläufe würden wiederum beschleunigt.

- Fall C: zusätzlich applizierte Außenwandbekleidung

Durch das Applizieren von flächigen Außenwandbekleidungen mit einem möglichen zusätzlichen Eintrag brennbarer Baustoffe (Lauffeuer an der Fassadenoberfläche oder in der Dämmung) oder durch vorgehängte, hinterlüftete Fassadenkonstruktionen (mögliche „kaminartige“ Brandweiterleitung im Hinterlüftungsspalt hinter der Bekleidung auch bei Verwendung ausschließlich nicht-brennbarer Materialien) kann diese Brandausbreitung (Fall A) weiter beschleunigt werden.

ZUSAMMENFASSUNG UND BAURECHTLICHE UMSETZUNG

Aus den vorangegangenen Betrachtungen ergibt sich das allgemeine Brandschutzziel an der Gebäudeaußenwand zunächst unabhängig von einer etwaigen zusätzlichen Fassadenkonstruktion. Das baurechtliche Brandschutzziel an der Gebäudeaußenwand muss darin bestehen, eine schnelle Brandausbreitung über mehr als zwei Geschosse ober- bzw. unterhalb der Brandausbruchsstelle vor dem Löschangriff der Feuerwehr (Zeitraum von 15 – 20 Minuten) zu verhindern. Eine Gefährdung der Rettungskräfte durch großflächig abstürzende, brennende oder nichtbrennende Fassadenteile bzw. durch brennendes Abtropfen ist auszuschließen.

Die bauaufsichtlichen Forderungen an Fassaden, einschließlich Fassadenbekleidungen finden sich im § 28 „Außenwände“ der MBO, dort heißt es (Zitat):

„(1) Außenwände und Außenwandteile wie Brüstungen und Schürzen sind so auszubilden, dass eine Brandausbreitung auf und in diesen Bauteilen ausreichend lang begrenzt ist.

(2) ¹Nichttragende Außenwände und nichttragende Teile tragender Außenwände müssen aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen; sie sind aus brennbaren Baustoffen zulässig, wenn sie als raumabschließende Bauteile feuerhemmend sind. ²*Satz 1 gilt nicht für brennbare Fugendichtungen sowie für brennbare Dämmstoffe in nichtbrennbaren geschlossenen Profilen der Außenwandkonstruktion*“

(3) ¹Oberflächen von Außenwänden sowie Außenwandbekleidungen müssen einschließlich der Dämmstoffe und Unterkonstruktionen schwerentflammbar sein *und mehr als zwei Geschosse überbrückende Solaranlagen an Außenwänden*. Unterkonstruktionen aus normalentflammbaren Baustoffen sind zulässig, wenn die Anforderungen nach Absatz 1 erfüllt sind. ²Balkonbekleidungen, die über die erforderliche Umwehrungshöhe hinaus hochgeführt werden, müssen schwerentflammbar sein. ³*Schwerentflammbare Baustoffe in Bauteilen nach Satz 1 Halbsatz 1 und Satz 2 dürfen nicht brennend abfallen oder abtropfen.*“

(4) Bei Außenwandkonstruktionen mit geschossübergreifenden Hohl- oder Lufträumen wie hinterlüfteten Außenwandbekleidungen sind gegen die Brandausbreitung besondere Vorkehrungen zu treffen. ²Satz 1 gilt für Doppelfassaden entsprechend.

(5) Abs. 2, 3 und 4 Satz 1 gelten nicht für Gebäude der Gebäudeklassen 1 bis 3; Abs. 4 Satz 2 gilt nicht für Gebäude der Gebäudeklassen 1 und 2.“

Der kursive Text bezieht sich auf die beabsichtigten Änderungen 2012.

Fassadenbekleidungssysteme werden demnach bauaufsichtlich hinsichtlich ihres Brandverhaltens den „Baustoffen“ zugeordnet. Der notwendige Verwendbarkeitsnachweis nach § 3 MBO ist nach Bauregelliste durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung nach § 18 MBO zu erbringen. Ausgenommen von dieser Regelung sind Fassadenbekleidungen, die unter die Bauregelliste C fallen, d. h. Bauprodukte, für die nach bauaufsichtlichen Vorschriften nur Normalentflammbarkeit (DIN 4102-B2 bzw. Klasse E nach DIN EN 13501-1) vorausgesetzt wird und an die keine weitergehenden Brandschutzanforderungen und keine Anforderungen an den Schall- und Wärmeschutz gestellt werden.

Fassadenelemente (einschließlich ihrer Befestigungen) für Außenwandbekleidungen werden nach allgemein anerkannten Regeln der Technik befestigt:

- mit kleinformatischen Fassadenelementen mit $\leq 0,4 \text{ m}^2$ Fläche und $\leq 5 \text{ kg}$ Eigengewicht,
- mit brettformatigen Fassadenelementen mit $\leq 0,3 \text{ m}$ Breite und Unterstützungsabständen durch die Unterkonstruktion von $\leq 0,8 \text{ m}$.

Der experimentelle, brandschutztechnische Eignungsnachweis für alle anderen Fassadenbekleidungen ist über kleinmaßstäbliche Laborbrandprüfungen nach DIN 4102-1 bzw. DIN EN 13501-1 zu führen. Bei Fassadenbekleidungssystemen, die infolge ihrer Bauart nicht allein durch diese Prüfverfahren bewertbar sind, erfolgen originalmaßstäbliche Brandversuche nach E DIN 4102-20 als Bestandteil der Zulassungsgrundsätze des DIBt. Auf einem Versuchsstand (Außenwand im natürlichen Maßstab mit einspringender Gebäudeecke, Höhe mindestens 5,4 m) wird die zu untersuchende Fassadenbekleidung im originalen Einbauzustand angebracht und mittels eines Gasbrenners bzw. einer Holzkrippe bei natürlichen Lüftungsbedingungen thermisch beansprucht. Die Anordnung des Prüffeuers in der Brandkammer simuliert *skaliert* ein Szenario, wie es für den Flammenaustritt aus einem offenen Fenster eines sich im Vollbrand befindlichen Wohnraumes („after flash over fire“) auf eine Fassade typisch ist. Die Energieabgabe des Prüffeuers beträgt ca. 350 – 400 kW und die Flammenhöhe über dem Sturz der Brandkammer 2,0 – 2,4 m. Für schwerentflammbare WDVS erfolgt eine Beflammung über 20 Minuten. Dieser Prüfansatz stimmt in seinem Versuchsaufbau und der thermischen Beanspruchung weitgehend mit den vergleichbaren europäischen Prüfvorschlägen im Rahmen der Arbeitsgruppe PT 4 (facades) der EOTA überein.

SITZUNG 3

BRANDSCHUTZKONZEPTE FÜR SONDERBAUTEN

Sitzungsleitung: J. Zehfuß, Hamburg

BRANDSCHUTZKONZEPT FÜR EINEN INDUSTRIEBAU MIT EINER GEBÄUDEHÜLLE IN HOLZRAHMENBAUWEISE

Dirk Kruse und Michael Dehne

Dehne, Kruse Brandschutzingenieure GmbH & Co. KG, Gifhorn

EINLEITUNG

Direkt an der A 7 bei Kassel ist Deutschlands größter Industriebau in Holzrahmenbauweise entstanden. Der Bauherr, die SMA Solar Technology AG, entwickelt, produziert und vertreibt Solar-Wechselrichter und Überwachungssysteme für Photovoltaik-Anlagen. Ein nachhaltiger Umgang mit der Umwelt und den Ressourcen ist ein wichtiger Bestandteil des SMA-Leitbildes. Bei der Standort-erweiterung in Niestetals neuem Industriegebiet "Am Sandershäuser Berg" an der A 7 bei Kassel leistet die SMA Solar Technology AG nicht nur mit ihren Produkten und einer energieeffizienten Herstellung einen Beitrag zum Klimaschutz, sondern im Sinne des Unternehmensleitbildes auch mit innovativen Methoden in Material und Konstruktion des neuen Gebäudes.

Die Hauptziele bei der Umsetzung des Neubaus waren:

- Eine Gebäude-Versorgung aus erneuerbaren Energien, die regional erzeugt werden
- Ein großflächiger Einsatz von Baumaterialien aus recycelten und aus nachwachsenden Rohstoffen



Bild 1 Gebäudeentwurf des Büros HHS, Perspektive von Nord-Osten (Quelle: HHS, Kassel)

Für die Gebäude-Versorgung wurde ein angepasstes Energiekonzept entwickelt. Die wesentlichen Bestandteile sind:

- Flächenheizung / Kühlung - Industriefußbodenheizung / -kühlung, Heiz - Kühlsegel in Büroräumen
- Wärmeerzeugung durch Wärmepumpen, Nutzung von Abwärme aus Druckluftkompressoren
- BHKW mit Holzhackschnitzel für Spitzenlasten (projektiert)
- Kälteerzeugung zu 70% über freie Kühlung
- Kälte- und Wärmespeicher
- Erzeugung und Verwendung von Strom aus einer Aufdach PV-Anlage
- Windkraftanlagen und zusätzliche Freiflächen PV-Anlage

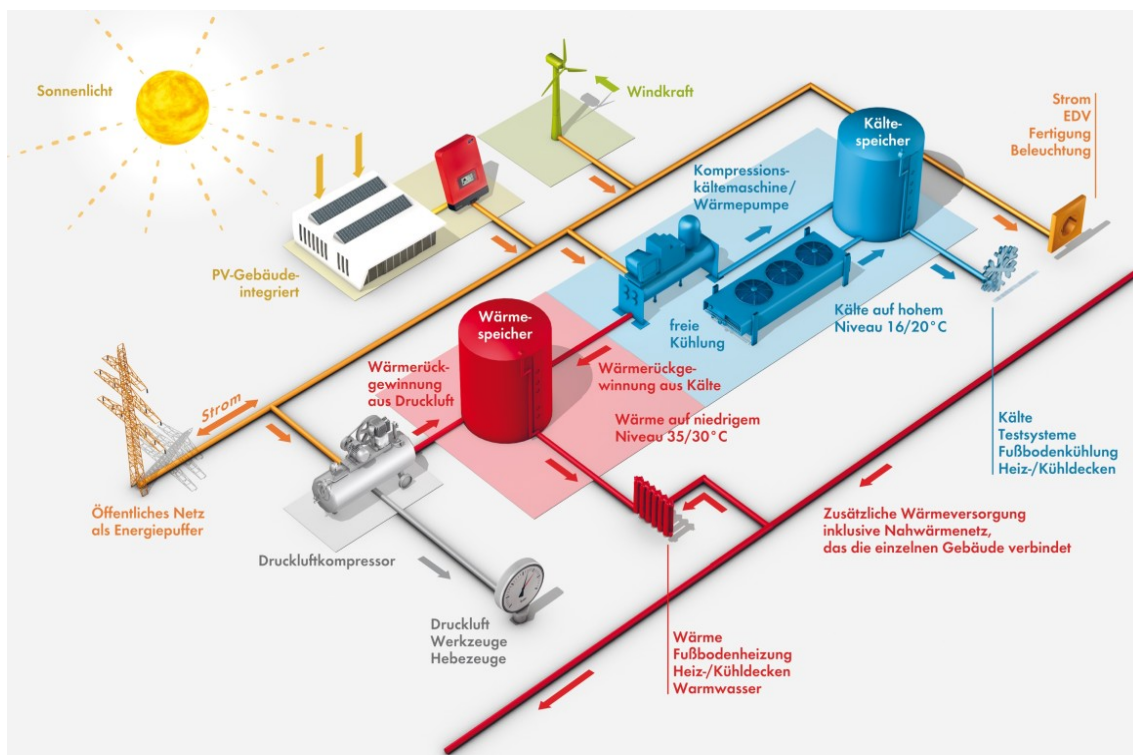


Bild 2 Energiekonzept (Quelle: SMA Solar Technology AG, Kassel)

Die Gebäudehülle wurde in Holzrahmenbauweise erstellt. Die Bauweise wurde gewählt, um zum einen recycelte und nachwachsende Rohstoffe einsetzen zu können. Zum anderen sollte durch die Bauweise auch eine energetische Optimierung des Gebäudes mittels einer hochgedämmten Gebäudehülle erreicht werden. Im Ergebnis wurden ca. 25.000 Quadratmeter Dachfläche und etwa 5.000 Quadratmeter Außenwand in Holzrahmenbauweise errichtet.

Die Dachelemente wurden in der Regel mit Abmessungen von 7,50 m x 5,00 m hergestellt und erreichen einen U-Wert von 0,13 W/mK. Die Wandelemente wurden in Abmessungen von 7,50 m x 10,50 m bei einem U-Wert von 0,18 W/mK produziert. Als Dämmung wurde eine 36 Zentimeter dicke Zelluloseeinblasdämmung, Baustoffklasse B2, eingesetzt.

Zur Optimierung von Transportwegen wurde die Fertigung der Holzrahmenelemente in einer temporären Fabrikationshalle (Feldfabrik) auf dem Baugrundstück durchgeführt. Die Fabrikationshalle wurde mit Abschluss der Bauarbeiten demontiert und kann jederzeit wiederverwendet werden.



Bild 3 *Temporäre Montagehalle (Quelle: Isofloc GmbH, Kassel)*

BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES

Die maximalen Abmessungen des Gebäudes betragen ca. 121 m x 180 m. Die Grundfläche beträgt ca. 21.780 m² und die Firsthöhe liegt bei ca. 10,6 m. Die Grundfläche teilt sich in zwei Brandabschnitte mit Abmessungen von ca. 98 m x 121 m und einer Grundfläche von ca. 11.860 m² sowie Abmessungen von ca. 82 m x 121 m und einer Grundfläche von ca. 9.920 m² auf.

Der erdgeschossige Neubau verfügt über drei Ebenen: Untergeschoss (UG), Erdgeschoss (EG) und Obergeschoss (OG). In der Ebene UG sind zwei Büros sowie Technikräume angeordnet. Die Ebene Untergeschoss verfügt aufgrund des abfallenden Geländes über zwei direkte Ausgänge ins Freie. Weiterhin besteht über eine Treppe eine Verbindung zur Ebene Erdgeschoss.

In der Ebene EG befinden sich neben der zentralen Hallenfläche Büroräume, ein Gefahrstoffraum, offene Teeküchen, Putzmittelräume, Kopierräume, Unterverteilungen sowie die sanitären Anlagen. Alle separaten Räume sind an den Außenwänden angeordnet. Weiterhin sind Ladestationen für Gabelstapler eingerichtet.

In der Ebene OG sind an den Außenwänden der Nord-, Ost- und Südseite Büroräume auf einer offenen Galerieebene geplant. Die Galerieebenen werden über offene Stahlbetontreppen von der Ebene EG aus erschlossen. Darüber hinaus sind Technikbühnen eingebaut worden, die entweder über Stahltreppen aus der Ebene EG oder über Stahlstege von den Galerien aus erschlossen werden.

An der Ostseite befindet sich ein Mitarbeiterzugang über eine Brücke, die aufgrund der Topographie des Geländes ebenerdig vom Mitarbeiterparkplatz aus erschlossen wird.

Mittig im Gebäude ist ein Technikblock vorgesehen, der sich über alle drei Ebenen erstreckt.

Baurechtliche Einstufung und Bauweise

Bei dem Neubau handelt es sich um eine bauliche Anlage besonderer Art oder Nutzung nach § 2 HBO Abs. 8, da die Grundfläche des Gebäudes mehr als 1.600 m² beträgt.

Eine Lagerguthöhe von mehr als 9,0 m wird nicht erreicht. Das Gebäude fällt damit formal in den Geltungsbereich der Industriebaurichtlinie (IndBauRL) und verfügt über drei Ebenen. Die Ebene UG ist unmittelbar von außen zugänglich bzw. kann durch die Feuerwehr angefahren werden. Zudem wurde diese Ebene feuerbeständig (F 90-A) von den Ebenen EG und OG abgetrennt. Flächenmäßig handelt es sich um eine untergeordnete Ebene mit lediglich zwei Aufenthaltsräumen sowie einigen Technik- und Lagerräumen und einem quer zur Gebäudehaupttrichtung angeordneten Versorgungsgang. Die Ebene EG ist aufgrund der Topographie des Geländes (Hanglage) ebenfalls ebenerdig zugänglich und durch die Feuerwehr anfahrbar. Die Büroräume auf den Galerieebenen erhalten großflächige Sichtverbindungen mittels Verglasungen in den jeweiligen Hallenbereich. In Summe erreicht die Grundfläche der Galerien zzgl. der Technikbühnen weniger als 50 % der Hallengrundfläche.

Gemäß den Ziffern 3.5 und 5.3 der IndBauRL wurde das Gebäude als erdgeschossiger Industriebau beurteilt. Der Brandschutznachweis wurde nach Ziffer 6 der IndBauRL geführt.

Die Tragkonstruktion der Halle ist eine Mischkonstruktion. Die Ebene UG wurde in Stahlbetonbauweise erstellt und brandschutztechnisch von den Ebenen EG und OG abgetrennt. Die tragenden Stützen der Halle wurden ebenfalls aus Stahlbeton in der Feuerwiderstandsklasse F 30 nach DIN 4102-2 errichtet. Das gleiche gilt für die umlaufenden, außenliegenden Galerien in der Ebene OG. Die Ausfachung der Außenwände erfolgt aus nichttragenden Holzrahmenelementen mit einer brennbaren Zellulosedämmung (Baustoffklasse B2 nach DIN 4102-1). Die Holzrahmenelemente erhalten hallenseitig eine Bekleidung durch eine 15 mm Gipsfaserplatte der Baustoffklasse A2 nach DIN 4102-1.

Vor der Wandkonstruktion wurde eine Alocubond-Fassade angeordnet (Baustoffklasse B2 gemäß DIN 4102-1).

Das Dachtragwerk ist eine Sheddachkonstruktion aus brandschutztechnisch ungeschützten Stahlfachwerkträgern und aussteifenden Holzrahmenelementen mit einer brennbaren Zellulosedämmung (Baustoffklasse B2 nach DIN 4102-1). Die Holztafelelemente erhalten unterseitig eine brandschutztechnisch wirksame Bekleidung der Klasse K₂30 gemäß DIN EN 13501. Den oberen Abschluss bildet ein extensives Gründach (harte Bedachung nach DIN 4102-7). Der prinzipielle Dachaufbau ist in Bild 4 dargestellt.

Dachaufbau:

4 cm Substrat/ Bekiesung

Abdichtung

25 mm OSB

BSH 8/36 / Zelluloseeinblasdämmung

Dampfbremse

30 mm Sparschalung

18 mm Gipsfaser- Platte

25 mm Akustikplatte

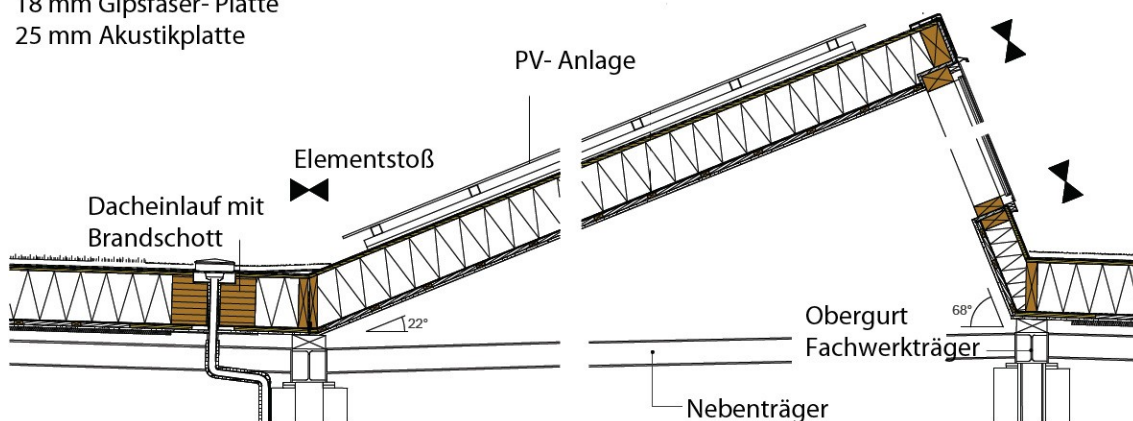


Bild 4 Prinzipieller Dachaufbau (Quelle: HHS, Kassel)

RISIKO

Das erhöhte Risiko von Industriebauten im Vergleich zu den durch die Landesbauordnung abgedeckten Gebäuden wird in erster Linie von deren Ausdehnung und der spezifischen Nutzung bestimmt. Bei Lagerhallen spielen die Brandabschnittsfläche, die Lagerguthöhe, die Anordnung der gelagerten Güter und insbesondere die Art und die Masse der Brandlasten die primäre Rolle bei der Beurteilung des individuellen Risikos.

Grundsätzlich sind im Industriebau auch bei schweren Bränden nur äußerst selten Brandtote zu beklagen. Die Mortalitätsrate ist im Industriebau sehr gering.

Im vorliegenden Fall handelt es sich um eine Produktions- und Lagerhalle inklusive einer Büronutzung. Ein Brandabschnitt ist gemäß dem Verfahren nach Abschnitt 6 der IndBauRL mit 11.860 m² größer als die zulässige Brandabschnittsfläche von 10.000 m². Allerdings liegt die Überschreitung um 18,6 % oder 1.860 m² noch in einem vertretbaren Rahmen.

Infolge einer individuell auf das Objekt zugeschnittenen, flächendeckend angeordneten Sprinkleranlage, kann davon ausgegangen werden, dass die Feuerwehr bei ihrem Eintreffen im Regelfall trotz Überschreitung der zulässigen Brandabschnittsfläche um 18,6 % ein kontrolliertes und beherrschbares Brand-szenario vorfindet, zumal die Sprinklerung mit einer erhöhten Sicherheit (schnelle Auslösung, redundante Pumpen) ausgelegt wurde. Die Entstehung eines Vollbrandes ist daher sehr unwahrscheinlich.

Insgesamt werden maximal 650 Beschäftigte im Mehrschichtbetrieb in dem Neubau tätig und bei maximaler Schichtstärke maximal 280 Personen gleichzeitig anwesend sein. Die Anforderungen der Industriebaurichtlinie an die Rettungswege (Anzahl der Fluchtwege, Längen und Breiten) wurden eingehalten. Das Schutzziel der sicheren Entfluchtung der anwesenden Personen wird daher erreicht. Dies wurde zusätzlich über eine Evakuierungsberechnung [13] mittels eines hydraulischen Ansatzes in Verbindung mit einer CFD Rauchsimulation nachgewiesen. Zur sicheren Entfluchtung trägt auch maßgeblich die Anordnung einer akustischen Alarmierungsanlage bei.

Die Zufahrtsmöglichkeiten der Feuerwehr wurden so geplant, dass alle Gebäudeseiten direkt angefahren werden können. Damit wird auch das Schutzziel der Ermöglichung einer wirkungsvollen Brandbekämpfung durch die Feuerwehr erfüllt.

FLUCHT- UND RETTUNG

Die Raumhöhe der Ebene EG beträgt im vorliegenden Fall ca. 9,6 m. Da das Gebäude vollflächig gesprinklert ist, muss von jeder begehbaren Stelle der Ebene EG mindestens ein Ausgang ins Freie in höchstens 68 m Entfernung (Luftlinie) erreichbar sein. Die tatsächliche Lauflänge darf das 1,5-fache, hier 102 m, betragen.

In der Ebene OG muss von jeder begehbaren Stelle mindestens ein Ausgang ins Freie in höchstens 50 m Entfernung (Luftlinie) erreichbar sein. Die tatsächliche Lauflänge darf 75 Meter nicht überschreiten.

Aus der Ebene UG stehen für die Büros zwei Ausgänge direkt ins Freie zur Verfügung, die über einen Flur erreicht werden können. Darüber hinaus verfügen die Büros über offenbare Fenster, sodass ein direkter Ausstieg ins Freie möglich ist.

Der Versorgungsgang im UG stellt eine Besonderheit dar, da er mit 120 m vergleichsweise lang ausfällt (Bild 5).



Bild 5 Unterirdischer Versorgungsgang mit einer Länge von 120 m (Quelle: HHS, Kassel)

Es wurde daher für erforderlich gehalten, den Versorgungsgang mit in den Sprinklerschutz einzubeziehen. Aufgrund der geringen Deckenhöhe besteht hier die Forderung nach maximal 50 m Rettungsweglänge in Luftlinie. Dies konnte nicht eingehalten werden. Die Laufweite von 75 m wird allerdings eingehalten. Da sich in diesem Bereich in der Regel keine Mitarbeiter aufhalten und zwei Fluchrichtungen zur Verfügung stehen, bestanden keine Bedenken.

In der Ebene EG stehen an den Längsseiten der Halle drei bzw. vier Notausgänge zur Verfügung. An den Stirnseiten ist jeweils ein Notausgang vorhanden. Gemäß Ziffer 5.5.5 IndBauRL darf eine Entfluchtung auch in den benachbarten Brandabschnitt erfolgen. Hierfür wurden weitere drei T 90 Türen in der Brandwand vorgesehen. Damit entstehen keine Fehlflächen in der Ebene EG.

Die Ebene OG kann komplett mit 50 m Radien abgedeckt werden.

Aus den Büros wird mit einer Ausnahme sogar überall eine Lauflänge von weniger als 50 Meter eingehalten. Lediglich bei einem Büro zwischen den Achsen A/B und 25/26 ergibt sich eine Lauflänge von ca. 57 m; die zulässige Lauflänge von 75 m wird damit deutlich unterschritten.

Von den Technikbühnen und den Technikräumen, wird überall eine Lauflänge von 70 m eingehalten.

Damit wurde das Flucht- und Rettungskonzept gemäß IndBauRL vollumfänglich umgesetzt.

RAUCHSCHUTZNACHWEIS

Da die Ebene OG über eine offene Galerie in Kombination mit offenen Treppen entfluchtet wird, wurde es in Abstimmung mit der Bauaufsichtsbehörde für zweckmäßig erachtet, eine Evakuierungsberechnung mittels eines hydraulischen Ansatzes in Verbindung mit einem Rauchschutznachweis mittels einer CFD Simulation durchzuführen. In der Evakuierungsberechnung zeigte sich, dass die Evakuierung innerhalb von maximal 3 Minuten nach Alarmierung vollzogen ist.

Für die Berechnung der Rauchausbreitung wurde das FDS 5 (Fire Dynamics Simulator) [5] vom National Institute of Standards and Technology (NIST) verwendet. Hierbei handelt es sich um ein Computational Fluid Dynamics (CFD)- Programm, welches neben den für Feldmodelle üblichen Navier-Stokes-Gleichungen zusätzlich noch eine Energieerhaltungsgleichung für die Bestimmung des Temperaturfeldes sowie Gleichungen für die Beschreibung der Turbulenzen beinhaltet.

Das Modell enthält ein Verbrennungsmodell, das eine Beschreibung des Sauerstoffverbrauches und der Entstehung von Verbrennungsprodukten ermöglicht. Der Algorithmus für die Beschreibung des strahlungsbedingten Wärmeaustauschs berücksichtigt neben dem Energieaustausch zwischen der Flamme und der Festkörperoberfläche auch die Absorption und Emission von Strahlung im Gasvolumen.

Aufgrund notwendiger Idealisierungen innerhalb der CFD-Simulationsmodelle sind Abweichungen zwischen den rechnerisch ermittelten Strömungsvorgängen und der experimentell bestimmten Rauchausbreitung unvermeidbar.

Im vorliegenden Fall kann bei dem verwendeten CFD-Modell eine Modellunsicherheit von ca. 10 % angenommen werden.

Die Unsicherheiten beim Nachweis bezüglich der Streuung der Brandlasten und der naturgemäß stets vorhandenen Abweichungen des Modells von der Realität wurden durch die konservative Ermittlung der Wärmefreisetzungsrate und Rauchentstehungsrate hinreichend abgedeckt.

Während des in den Simulationen betrachteten Zeitraums ab Brandbeginn von 30 Minuten ist zudem ein Löschangriff der Feuerwehr sehr wahrscheinlich, da das Auslösen eines Sprinklers über die Brandmeldeanlage eine unmittelbare externe Alarmierung hervorruft. Konservativ wurden Löscharbeiten bei der

Festlegung des Wärmefreisetzungsratenverlaufes jedoch nicht in Ansatz gebracht.

Folgende Sicherheiten wurden in der Simulation berücksichtigt:

- a) Es wurde ein konservativer Ansatz für den Verlauf der Wärmefreisetzungsrate gewählt (schnelle Brandausbreitung angenommen).
- b) Die Wärmefreisetzungsrate wurde nach Erreichen des Maximums auf diesem Wert belassen, obwohl in der Regel nach Auslösen des Sprinklers eine Abnahme der Brandbeanspruchung zu verzeichnen ist. Löschmaßnahmen der Feuerwehr wurden ebenfalls nicht in Ansatz gebracht.
- c) Eine in der Realität oft auftretende Schwelbrandphase wurde bei der Festlegung der Wärmefreisetzungsrate außer Acht gelassen, es wird ab Brandbeginn von einem quadratisch anwachsenden Brandverlauf ausgegangen.
- d) Die Rauchentstehungsrate wurde konservativer angenommen; Annahme einer Mischbrandlast mit 50 % Kunststoffanteil (tatsächlich max. 20 %) und Rauchentstehungsrate mit 0,06 g/g sechsmal höher als bei rein holzartigen Brandlasten.

Es sind nach [6] die folgenden Grenzwerte einzuhalten:

- Erkennungsweite ≥ 15 m für selbstleuchtende Zeichen,
- Rauchdichte DL (optische Dichte) $\leq 0,1 \text{ m}^{-1}$
- CO-Konzentration ≤ 100 ppm.

Die Entrauchung der Halle wird über natürliche Rauch- und Wärmeabzüge im Hallendach bewerkstelligt. Im Brandabschnitt 1 wurde hierfür eine aerodynamisch wirksame RWA-Fläche von ca. 60 m^2 hergestellt und im Brandabschnitt 2 ca. 50 m^2 .

Die Zuluft wird über die Eingangstüren und Tore sichergestellt. Hierfür sind im Brandabschnitt 1 mindestens 60 m^2 (aerodynamisch wirksam) und im Brandabschnitt 2 mindestens 50 m^2 vorgesehen.

Auf die Anordnung von Rauchschürzen wurde verzichtet.

Es erfolgt keine automatische Auslösung der RWA durch Rauchmelder, da dies die Sprinklerauslösung negativ beeinträchtigen könnte. Die Auslösung der RWA erfolgt manuell über Rauchtaster (durch die Feuerwehr) und zeitversetzt nach Auslösung eines Sprinklers.

Die Öffnung der Nachströmflächen muss nach spätestens 5 Minuten ab Brandbeginn durch das Personal erfolgen. Dies wurde in der Brandschutzordnung Teil B festgehalten.

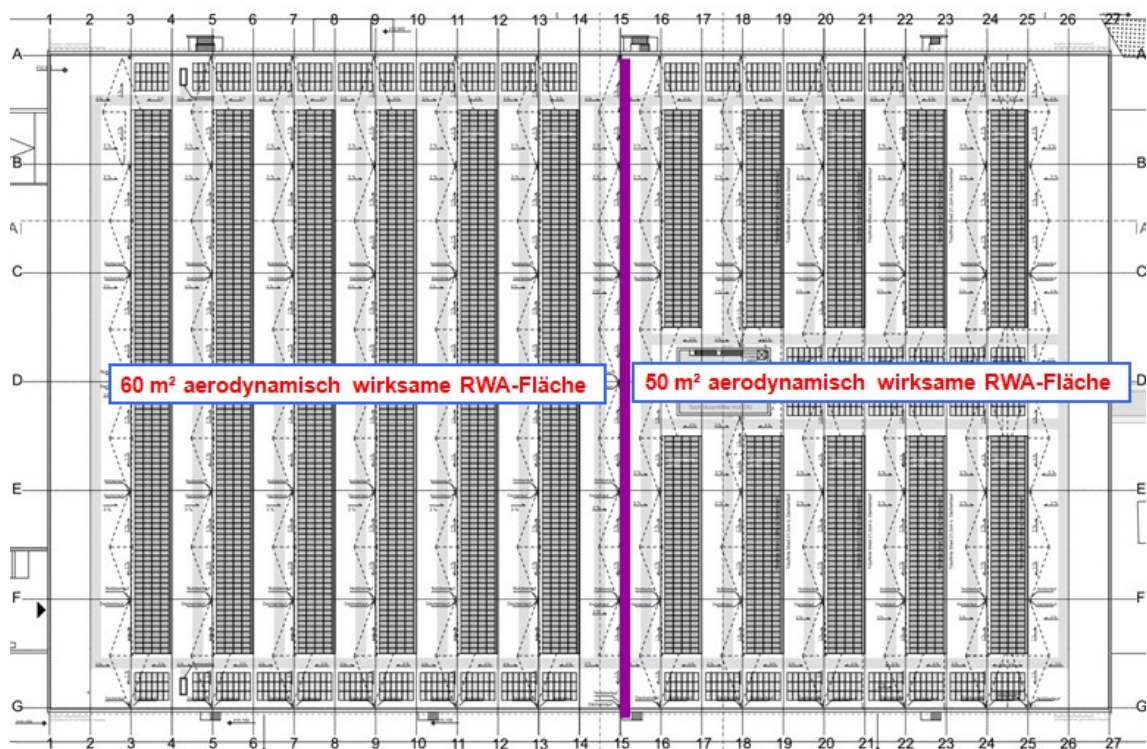


Bild 6 Aerodynamisch wirksame RWA-Flächen je Brandabschnitt

Die für die Nachströmung herangezogenen Türen und Tore wurden entsprechend gekennzeichnet und lassen sich durch die Feuerwehr von außen öffnen.

Bei der Definition des maßgebenden Brandszenarios ist die Ausstattung der Halle mit einer Sprinkleranlage zu berücksichtigen. Die Sprinklerung wird gemäß [6] über ihren Einfluss auf die Wärmefreisetzungsrate berücksichtigt.

Ein Maß für die Ansprechempfindlichkeit von Sprinklern ist der Response Time Index (RTI-Wert). Je kleiner der RTI-Wert, desto schneller löst ein Sprinkler aus. Weiterhin wird der Auslösezeitpunkt von der radialen Entfernung der Sprinkler-Achse zur Plume-Achse beeinflusst. Um die Wirkung der Sprinkler auf den Brandverlauf zu quantifizieren, mussten deren Auslösezeiten in Abhängigkeit der Brandausbreitung, der Gebäudehöhe, der Empfindlichkeit des Auslöseelementes und seines Abstandes von der Plume-Achse bestimmt werden.

Die maximale Wärmefreisetzungsrate wurde gemäß VDI-Richtlinie 6019 [7] festgelegt. Die Sprinkler befinden sich im vorliegenden Fall in einer Höhe von ca. 9,50 m. Es werden Sprinkler mit einem RTI-Wert von $50 \text{ ms}^{1/2}$ verwendet. Die Auslösetemperatur der Sprinkler beträgt im vorliegenden Fall 68°C und unter den Sheddächern 93°C .

Es ergibt sich unter konservativen Randbedingungen eine maximale Wärmefreisetzungsrate von 3,58 MW, was z. B. einem mittleren PKW im Vollbrand entspricht. Die Wärmefreisetzungsrate wurde nach Erreichen des Maximalwertes konservativ auf diesem Niveau belassen, d. h. Löschmaßnahmen der Feu-

erwehr und die in der Realität im Regelfall durch die Löschwirkung des Sprinklers einsetzende Reduzierung der Wärmefreisetzung wurden vernachlässigt, obwohl die Sprinkleranlage mit einer erheblich höheren Wasserbeaufschlagung ausgelegt wurde. Die Sprinkleranlage wurde folglich ausschließlich über ihren Einfluss auf das Maximum der Wärmefreisetzungsrate berücksichtigt. Als Standorte für die Brandszenarien wurden die in Bild 7 dargestellten Positionen festgelegt.

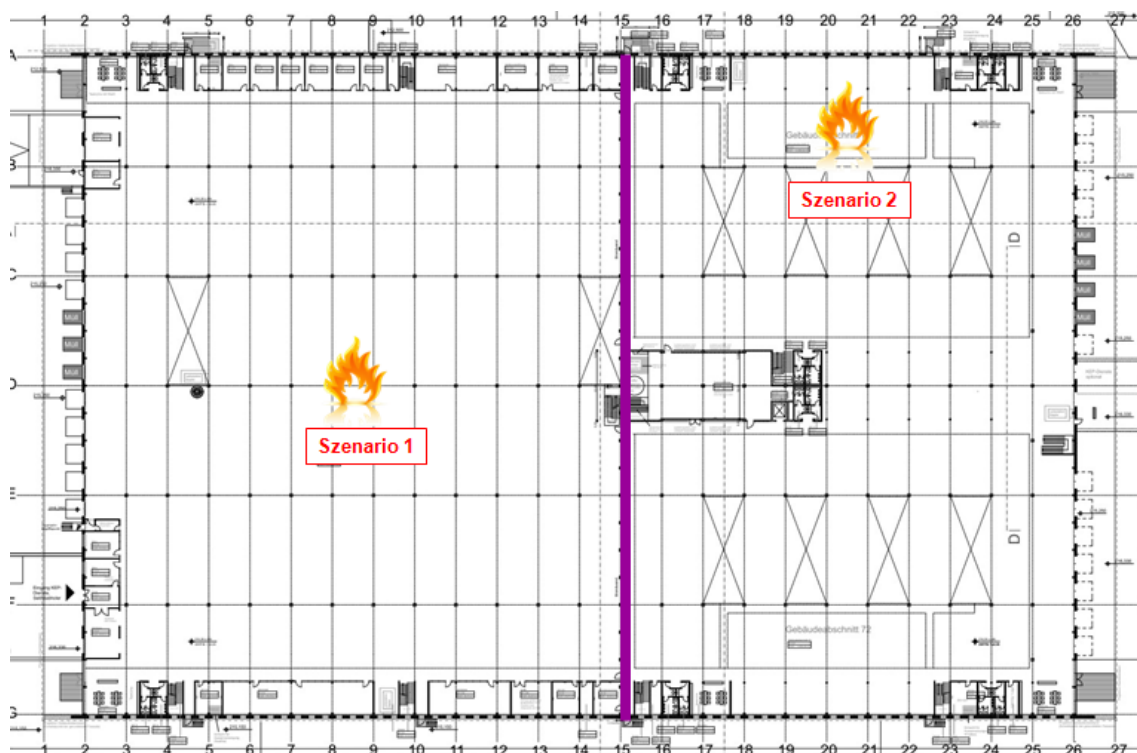


Bild 7 *Betrachtete Brandszenarien für den Rauchschutznachweis*

Die zu beurteilenden beiden Brandabschnitte der Halle wurden flächen- und volumengleich mit den tatsächlichen Gegebenheiten modelliert. Es wurde je Brandabschnitt ein separates Volumenmodell entwickelt.

Geometrische Details wie die Arbeitsbühnen, die Dachkonstruktion, die Galerien und die Stützen wurden jeweils im Modell mit abgebildet. Die nachfolgenden Bilder 8 bis 11 zeigen die CFD-Modelle der Halle aus verschiedenen Perspektiven.

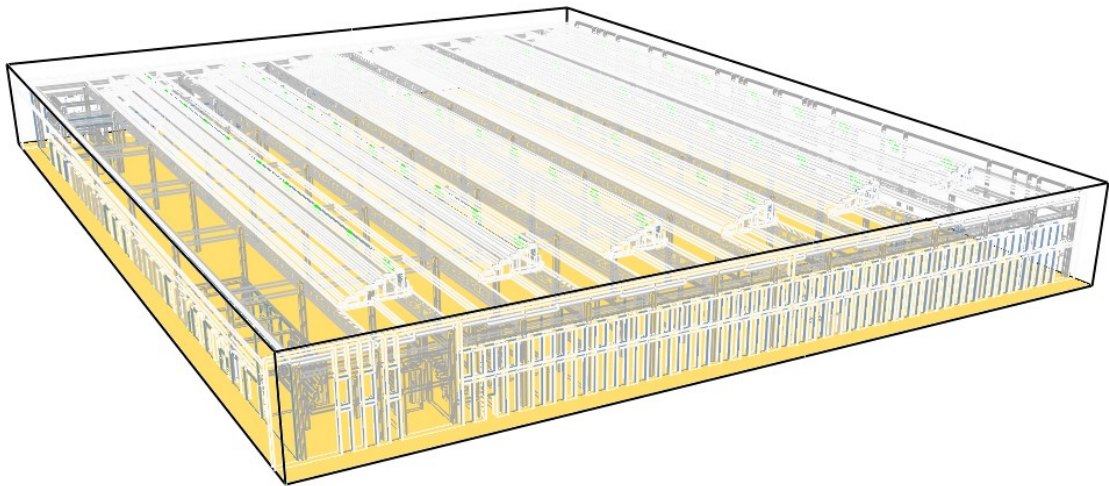


Bild 8 Ansicht des simulierten Raumes, Brandabschnitt 1

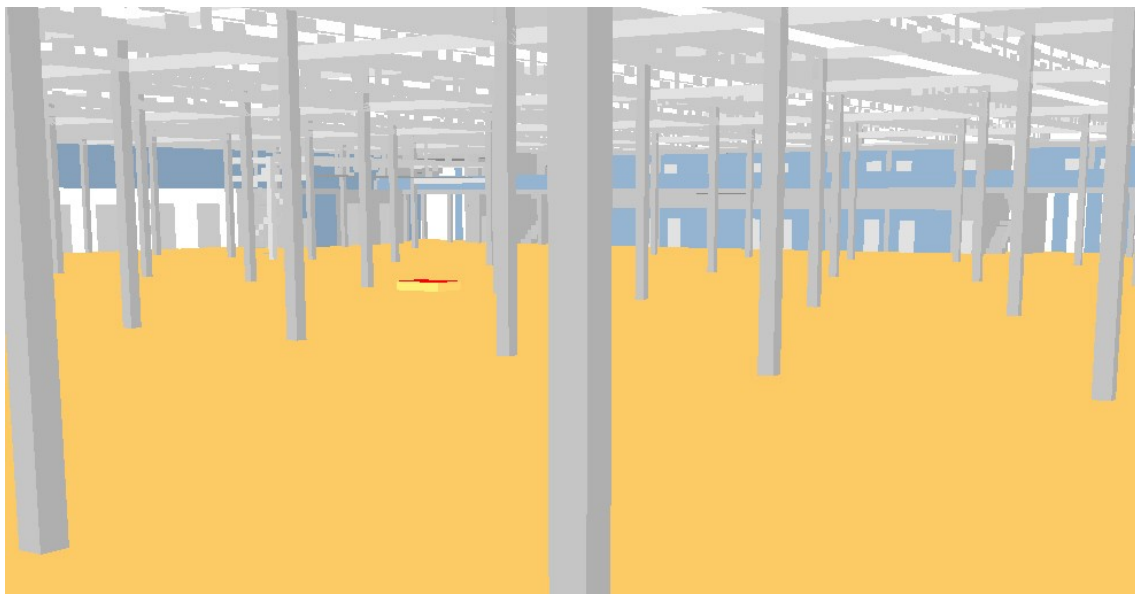


Bild 9 Innenansicht des simulierten Raumes, Brandabschnitt 1

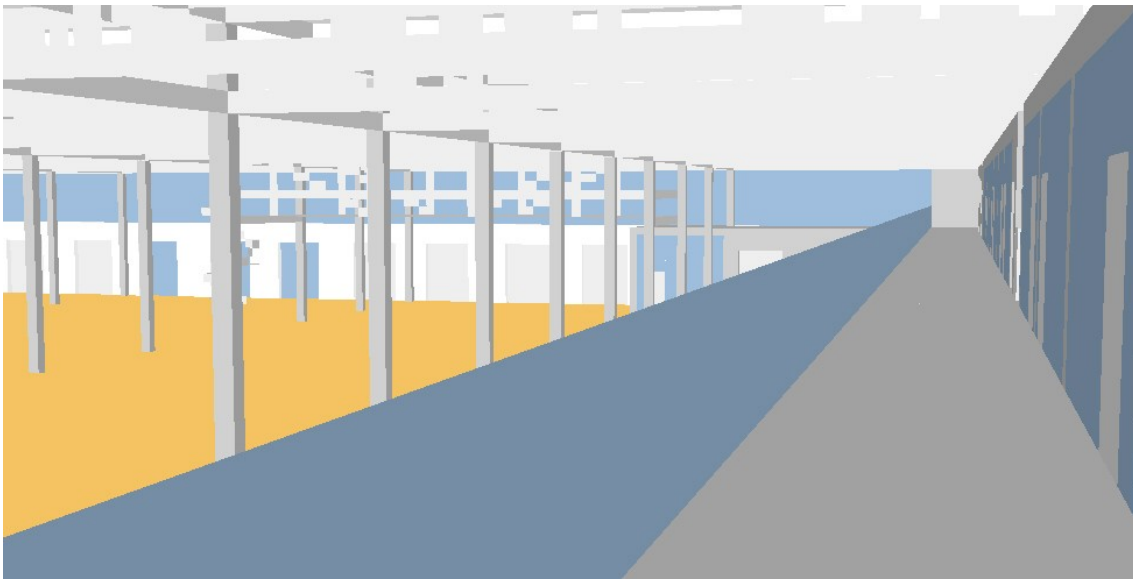


Bild 10 Innenansicht des simulierten Raumes, Brandabschnitt 1, Galerie

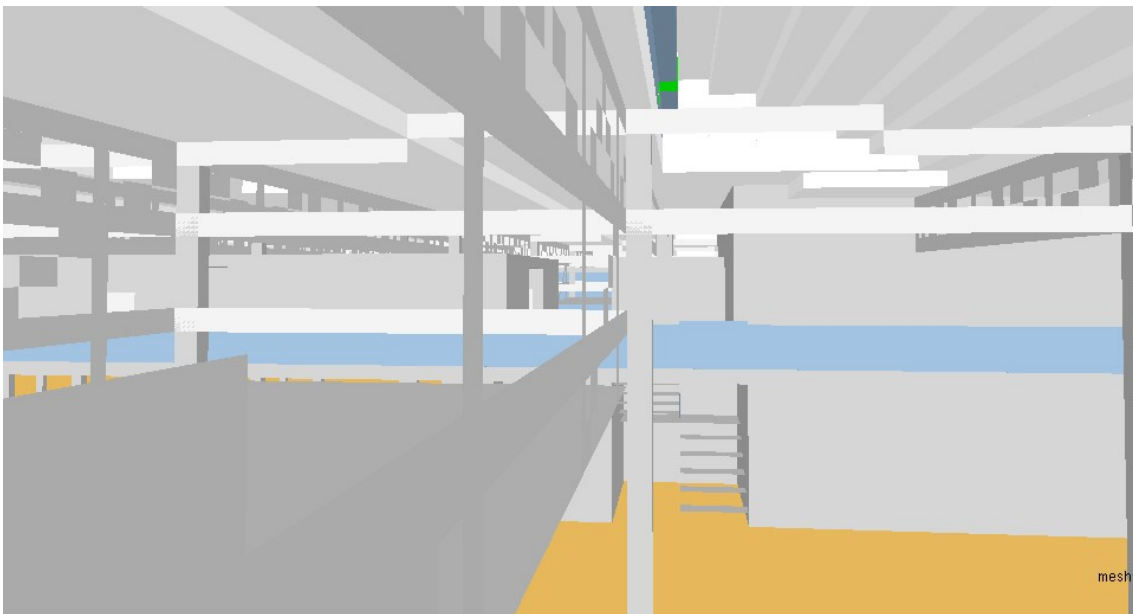


Bild 11 Innenansicht des simulierten Raumes, Brandabschnitt 2 (Blickrichtung auf eine Arbeitsebene)

Die Berechnung der komplexen Strömungsvorgänge im Bereich der natürlichen Entrauchung, die geometrischen Randbedingungen (Berücksichtigung der Arbeitsebenen, Galerien, Dachtragwerk, Stützen) sowie die Notwendigkeit, den Brandherd und die entrauchungstechnischen Randbedingungen detailliert im Modell abzubilden, erforderten eine im Verhältnis zu den Gesamtabmessungen des Gebäudes feine Einteilung des Rechengitters. Der Knotenabstand des verwendeten Gitters betrug überwiegend 40 cm. Insgesamt ergibt sich auf diese Weise eine Anzahl von ca. 3 Millionen Zellen.

Die Berechnungen zeigten, dass die beschriebenen Entrauchungsmaßnahmen eine durchgängig mindestens 2,4 m hohe raucharme Schicht gewährleisten.

Insbesondere im Galeriebereich verbleibt für die Phase der Selbstrettung ein Zeitraum von deutlich mehr als 10 Minuten, ohne dass eine Beaufschlagung der flüchtenden Personen durch Rauch auftritt (vgl. Bild 11).

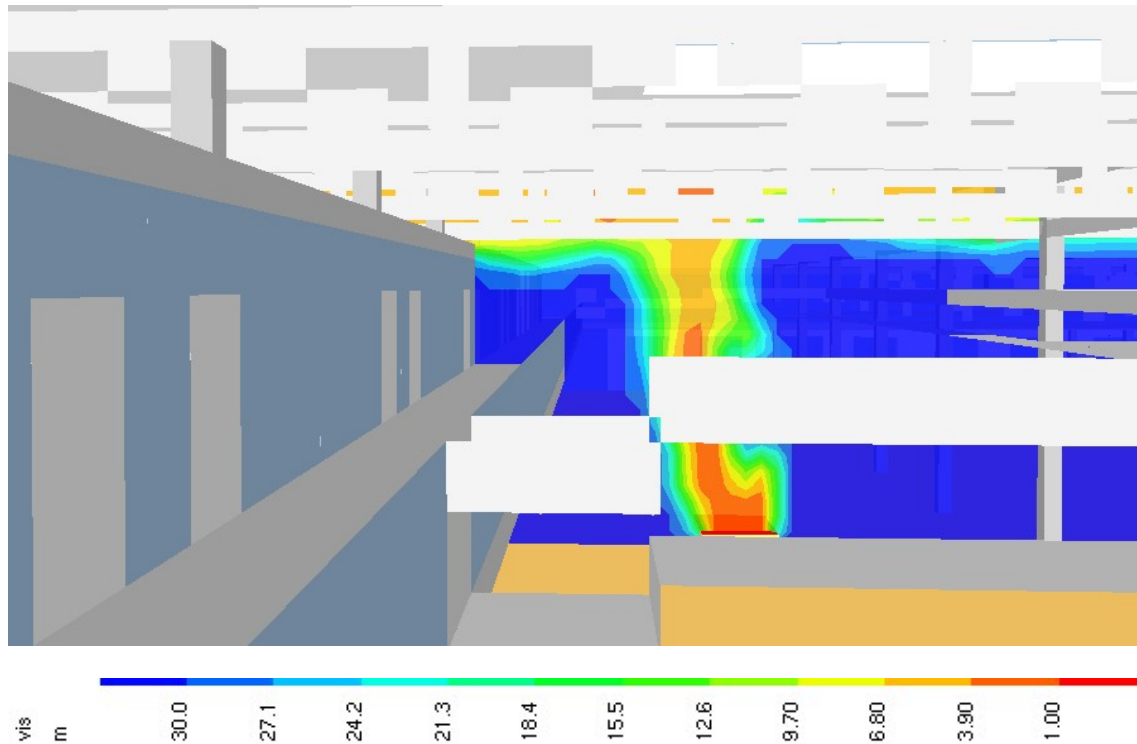


Bild 12 *Erkennungsweite in m zum Zeitpunkt $t = 600$ Sekunden im Vertikalschnitt durch die Galerie. Das Schutzziel wird erfüllt, die Erkennungsweite beträgt in der raucharmen Schicht mind. 30 m > 15 m. Insbesondere im Galeriebereich (links am Bildrand) ist keine signifikante Rauchbeaufschlagung feststellbar.*

Das Schutzziel wird damit vollumfänglich erreicht. Somit sind die Flucht und Rettung der Personen und eine wirkungsvolle Brandbekämpfung durch die Feuerwehr möglich.

Grundsätzlich bestätigten die Berechnungen, dass das prinzipielle Flucht- und Rettungswegkonzept der IndBauRL, welches im vorliegenden Fall umgesetzt wurde, funktioniert.

ABWEICHUNGEN

Gemäß Ziffer 5.11.1 der IndBauRL müssen Bedachungen mit einer Fläche > 2.500 m² innerhalb eines Brandabschnittes so geplant werden, dass die Brandausbreitung über das Dach behindert wird. Dies gilt als erfüllt bei Dächern

- nach DIN 18234-1 einschließlich Beiblatt 1 (jedoch Dämmstoffe aus A-Baustoffen),
- mit tragender Dachschaale aus mineralischen Baustoffen (wie Beton oder Porenbeton) oder mit Bedachungen aus nichtbrennbaren Baustoffen.

Die geplante Konstruktion ist ein Flachdach/Sheddach in Holzrahmenbauweise, welches den Anforderungen gemäß Ziffer 5.11.1 der IndBauRL nicht genügt.

Die Dachelemente wurden daher zur Kompensation mit einer unterseitigen K₂30 Bekleidung gemäß DIN EN 13501 (1 x 18 mm Fermacell) versehen. Dadurch ist sichergestellt, dass das Brandverhalten des Bauteils auch bei einem sehr unwahrscheinlichen Versagen der Sprinkleranlage bei einer Brandbeanspruchung von unten über 30 Minuten gleichwertig einem nichtbrennbaren Bauteil ist. Eine Brandbeanspruchung von oben ist in Teilen nur bei einem Brand aus einem Shed bzw. einem Rauchwärmeabzug zu erwarten. Aus diesem Grund wurde ein 1 m breiter Streifen bestehend aus Grobkies oder massiven Gehwegplatten vor den Sheds angeordnet. Die restliche Begrünung ist als extensive Begrünung geplant. Die Substratschicht darf einen maximalen Anteil an organischen Materialien von 20-Gew% haben. Durch diese Maßnahme ist auch bei einer Brandbeaufschlagung aus einem Shed mit keinem vorzeitigen Brand der Konstruktion zu rechnen. Das Schutzziel gemäß Ziffer 5.11.1 der IndBauRL, nämlich großflächige Brände im Dachbereich zu vermeiden, wird damit in vollem Umfang erreicht.

Alle brandschutztechnischen Ausführungsdetails zur Ausbildung des Daches, hier insbesondere die Ausbildung der Elementstöße wurden durch die IBB GmbH, Groß Schwülper [10] geprüft. Die Kapselkonstruktion selber wurde in Brandversuchen an der MFPA Leipzig geprüft.

Eine weitere Abweichung betrifft die übergroßen Brandabschnitte. Gemäß dem Verfahren nach Abschnitt 6 der IndBauRL ist die zulässige Brandabschnittsfläche bei einem erdgeschossigen Industriebau mit einer selbsttätigen Löschanlage auf 10.000 m² begrenzt. Abweichend davon beträgt die Brandabschnittsfläche hier ca. 11.860 m².

Dieses erhöhte Risiko wird durch die individuell auf das Objekt angepasste Sprinkleranlage beherrscht. Der Sprinklerschutz wurde in Zusammenarbeit mit der Fa. Imtech so geplant, dass unter Berücksichtigung der zulässigen Ausnahmen der VdS-Richtlinie eine Vollschutzanlage errichtet wurde. Die Sprinkleranlage wurde nach VdS CEA 4001 als Klasse 1 Anlage ausgelegt. Alle Maßnahmen wurden dabei eng mit dem VdS abgestimmt.

Um eine größtmögliche Flexibilität für den Bauherrn zu erreichen, wurden für einen eventuell nachzurüstenden Regalschutz Abgänge DN 65 (mit Kugelhahn und Stopfen) in 5 m Abständen vorgesehen.

Als Wasserversorgung wurde eine Versorgung 4. Art gewählt, d. h.

- 2 x unerschöpfliche Wasserquelle und
- 1 x erschöpfliche Wasserquelle.

Als Wasservorrat für die Sprinkleranlage werden 2 x 1.200 m³ in zwei unterirdischen Beton-Behältern vorgehalten. Der Druckluftwasserkessel besitzt ein Gesamtvolumen von 30 m³.

Dem Löschwasser wird ein filmbildendes Schaummittel zugemischt.

Die Pumpen wurden redundant geplant und ausgeführt. Eine Pumpe wird über einen gesicherten Abgang am Hauptverteiler elektrisch versorgt. Die zweite Pumpe ist eine Dieselpumpe.

Zum Schutz von Personen werden bei Auslösung der Sprinkler in den betreffenden Bereichen die Stromschienen spannungsfrei geschaltet. Das Öffnen der RWA nach Auslösung der Sprinkleranlage erfolgt zeitverzögert (Gewerk Elektro), sodass mehr Sprinkler auslösen können.

Die Nassalarmventilstationen werden mit einer Umgehungsleitung ausgestattet, damit auch im Wartungsfall die Sprinkleranlage jederzeit betriebsbereit bleibt.

Im Hallenbereich erfolgt eine Wasserbeaufschlagung von 30 mm/min. Eine Ausnahme bilden die Flächen unter der Galerie bzw. unter den Technikbühnen. Hier wurde eine Wasserbeaufschlagung von 17,5 mm/min für ausreichend erachtet.

Aus kompensatorischen Gründen wurden im Gebäude alle Räume mit erhöhten Brandgefahren (hier: Elektrounterverteilungen, Serverräume und Putzmittellräume) feuerhemmend und mit T 30 Türen bzw. vollwandigen, dicht- und selbstschließenden Türen abgetrennt. Auch diese Bereiche sind im Sprinklerschutz einbezogen. Die Wasserbeaufschlagung beträgt hier 5 mm/min. In den Bürobereich wurde analog verfahren.

ZUSAMMENFASSUNG

Der bei Kassel entstandene Neubau der SMA Solar Technology AG ist ein Pilotprojekt für nachhaltiges Bauen im Industriebau. Durch konstruktive Maßnahmen und eine angepasste Anlagentechnik ist es gelungen, einen Industriebau mit einer Grundfläche von mehr als 20.000 m² in Holzrahmenbauweise zu errichten.

Die Sicherheit des Gebäudes steht dabei der Sicherheit von konventionellen Gebäuden in keiner Weise nach. Durch den Einsatz der Kapselbauweise in Verbindung mit den einzelnen Rahmenelementen ist selbst bei einem unwahrscheinlichen Ausfall der mit erhöhter Sicherheit ausgelegten Sprinkleranlage ein großflächiger Brand der Konstruktion nicht zu erwarten.

DANK

Die Autoren möchten sich für die Unterstützung bei diesem Beitrag und für die außerordentliche gute Zusammenarbeit beim gesamten Planungsteam bedanken.

Besonderer Dank gilt dem Bauherren, der SMA Solartechnology AG, dem Architekturbüro HHS, Kassel, der Arge Emeluth und Dechant, EGS-plan, Stuttgart, der Imtech AG, der IBB GmbH sowie der Isofloc GmbH.

LITERATUR

- [1] Hessische Bauordnung (HBO) in der Fassung vom 18. Juni 2002, zuletzt geändert zuletzt geändert durch Gesetz vom 10. Dezember 2009 (GVBl. I S. 631) und 15. Dezember 2009 (GVBl. I S. 716)
- [2] Handlungsempfehlungen (HE-HBO) zum Vollzug der HBO 2002 vom 22. Januar 2004 (StAnz. S. 746), aktualisierter Stand: 1. Oktober 2008
- [3] Richtlinie über den baulichen Brandschutz im Industriebau (Industriebau-richtlinie – IndBauRL) Stand März 2000, veröffentlicht und eingeführt als techn. Baubestimmung am 18.01.2005 (StAnz. Nr. 5, 2005, S. 529)
- [4] DIN EN 14135:2004-11, Brandschutzbekleidungen – Bestimmung der Brandschutzwirkung
- [5] McGrattan, K. B. a. o.: Fire Dynamics Simulator (Version 5) – User's Guide. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg
- [6] vfdb-Leitfaden Ingenieurmethoden des Brandschutzes, Technischer Bericht TB 04-01, 2. Auflage Mai 2009, herausgegeben von D. Hosser. Altenberge, Braunschweig: Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes (vfdb) e. V., 2009
- [7] VDI-Richtlinie 6019 Blatt 1 Ingenieurverfahren zur Bemessung der Rauchableitung aus Gebäuden, Ausgabe Mai 2006
- [8] Kampmeier, B.: Verwendbarkeit von Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen im Holztafelbau. In: Braunschweiger Brandschutz-Tage '07, Tagungsband. Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz, TU Braunschweig, Heft 199, Braunschweig 2007, ISBN 978-3-89288-181-0.
- [9] DIN EN 13501-2:2008-01, Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten – Teil 2: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen, mit Ausnahme von Lüftungsanlagen
- [10] Nause, P.: Ergänzende gutachtliche Stellungnahme einer Holzbalkendachkonstruktion. Groß-Schwülper, 08. Juli 2011
- [11] Kruse, D.: Brandschutzkonzept 10G084-1 zum Bauvorhaben SMA 70. Gifhorn, 19. Juli 2010

- [12] Dehne, M.: Brandschutztechnische Detailstellungnahme 10G084-2. Rauchschutznachweis und Temperaturberechnung zum Bauvorhaben SMA 70. Gifhorn, 12. Dezember 2010
- [13] Krex, L.: Nachweis für Räumungszeiten. Niestetal, 25. Juni 2010

NORDDEUTSCHES ZENTRUM FÜR NACHHALTIGES BAUEN – EIN PILOTPROJEKT MIT ANGEWANDTER FORSCHUNG

Björn Kampmeier und Judith Wachtling
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (iBMB), Technische
Universität Braunschweig, Braunschweig

EINLEITUNG

Auf dem Gelände der ehemaligen Lindhooper Kaserne in Verden entsteht derzeit das Norddeutsche Zentrum für nachhaltiges Bauen. Der Standort soll zum Mittelpunkt für Nachhaltiges Bauen im Norddeutschen Raum weiterentwickelt werden. Ziel des Projektes ist es,

- Betriebe, Fachverbänden und andere Akteure im Bereich des Nachhaltigen Bauens zu konzentrieren,
- Qualifizierungs- und Weiterbildungsmaßnahmen für Handwerker, Planer und anderes interessiertes Fachpublikum durchzuführen,
- Forschungs- und Entwicklungsprojekte zu Aspekten des Nachhaltigen Bauens zu unterstützen
- und die interessierte Öffentlichkeit sowie Fachpublikum zu verschiedenen Aspekten des nachhaltigen Bauens zu informieren. [1]

Neben der Nutzung bereits vorhandener Gebäude ist der Neubau eines Kompetenzzentrums vorgesehen, indem neben Büroflächen für Unternehmen im Erd- und Untergeschoss des Kompetenzzentrums die größte Ausstellung in Deutschland zu nachhaltigem und ökologischem Bauen ihren Platz finden soll. Konsequenterweise ist geplant das Gebäude in Strohballenbauweise auszuführen umso zugleich als Demonstrationsobjekt die Möglichkeiten dieser ökologischen Bauweise zeigen zu können. Bild 1 zeigt die Studie des vom Büro Architekten für Nachhaltiges Bauen GmbH geplanten Gebäudes.

Zeitgleich zur Planung und Ausführung des Kompetenzzentrums wird davon unabhängig ein Verbund-Forschungsvorhaben durchgeführt bei dem klein- und mittelständische Unternehmen gemeinsam mit zwei Forschungsinstituten direkt verputzte Strohballenwände entwickeln, die auch bei mehrgeschossigen Gebäuden eingesetzt werden können. Im Fokus dieser Neuentwicklung stehen neben den brandschutztechnischen Anforderungen der Gebäudeklasse 4 auch feuchtetechnische Belange, die es zu erfüllen gilt. Das Projekt wird im Rahmen des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie gefördert.

Für das Forschungsvorhaben haben sich die Firmen Wolfgang Endress GmbH & Co KG und CLAYTEC e. K. als Hersteller von Kalk- bzw. Lehmputzen, die Handwerksbetriebe Kahrs Holz&Bau GmbH und Biber GmbH, sowie das Architekturbüro Ö.Contur mit den beiden Forschungspartnern Institut für Bau-

stoffe, Massivbau und Brandschutz (iBMB) der TU Braunschweig sowie das Zentrum für umweltbewusstes Bauen (ZUB) der Universität Kassel zusammengetan, die bisher ungeklärten Fragen hinsichtlich Brandschutz und Feuchteschutz zu beantworten. Gemeinsam sollen verschiedene Bauteilaufbauten entwickelt und erprobt werden die in den begleitenden Untersuchungen hinsichtlich Brandsicherheit und Feuchtigkeitsentwicklung untersucht werden.



Bild 1 Studie des geplanten Kompetenzzentrums [1]

STROHBALLENBAUWEISE

Das Bauen mit Stroh und Lehm ist eine der ältesten Bauweisen, die jedoch durch modernere Baustoffe weitestgehend vom Markt verdrängt wurde. Hinsichtlich Ressourcenschonung und nachhaltigem Bauen weist die Bauweise erhebliche Vorteile auf. So gewinnt die Verwendung nachwachsender Baustoffe immer mehr an Bedeutung.

Stroh ist ein Nebenerzeugnis der Getreideproduktion, in dem CO_2 gespeichert ist, und das sich in Form von Strohballen aufgrund seiner geringen Wärmeleitfähigkeit ($\lambda = 0,052 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$) als Dämmstoff eignet. Der Energiebedarf bei der Herstellung von Strohballen ist im Vergleich zu anderen Dämmstoffen wie Polystyrol sehr gering (ca. 1/30). Strohballen sind zudem lokal verfügbar, sodass sich der Transport im Vergleich zu anderen Baustoffen in der Ökobilanz äußerst günstig darstellt. Die in Deutschland produzierte Menge an Strohballen würde ausreichen ca. 350.000 Einfamilienhäusern auf diese Weise zu dämmen. Tatsächlich gibt es in Deutschland ungefähr 150 Gebäude in Strohballenbauweise: ein Beispiel zeigt Bild 2 Das älteste noch bewohnte Haus in Strohballenbauweise wurde vor etwa 100 Jahren erbaut. Da das Stroh unbehandelt im Strohballenbau verwendet wird, kann es am Ende des Lebenszyklus eines Strohballenhauses problemlos entsorgt und dem Kreislauf des biologischen Abbaus wieder hinzugefügt werden. [2, 3]



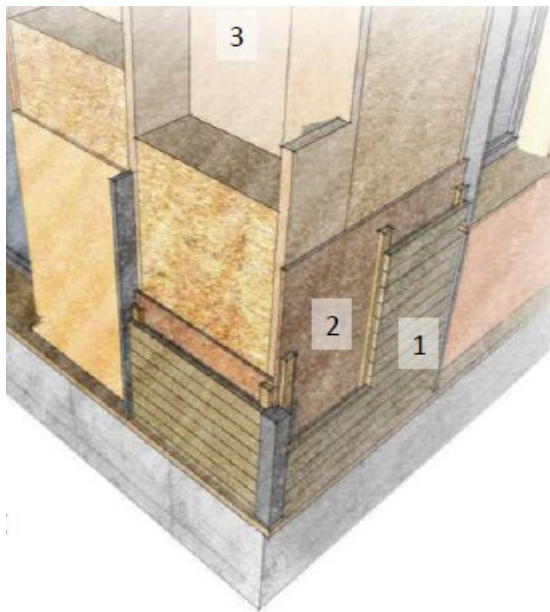
Bild 2 Strohballenhaus in Leiferde (Naturschutzbund Kreisverband Gifhorn) [3]

Um die Strohballenbauweise in Deutschland zu stärken hat der Fachverband Strohballenbau Deutschland e. V. eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung für Baustrohballen (Z-23.11-1595) erwirkt. Darin sind die Baustrohballen als normalentflammbar (B2) klassifiziert. Für den Einbau werden trockene Strohballen mit einer Rohdichte zwischen 85 kg/m^3 und 115 kg/m^3 und entsprechendem Feuchteschutz gefordert. Bild 3 zeigt Baustroh nach der Beflammung im Brennkasten gemäß DIN 4102-1.



Bild 3 Durchführung eines B2-Versuchs im Kleimbrennertest [3]

In Deutschland ist die Bauweise nur in Verbindung mit einer Tragkonstruktion aus Holz zugelassen. Die Ausführung von strohballengedämmten Außenwandbauteilen ist in der Zulassung genau geregelt. Bild 4 zeigt die in der Zulassung behandelten möglichen Ausführungen.



- 1 hinterlüftete Vorsatzschale
- 2 Holzweichfaserplatte
 $R > 0,4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$, $s_D \leq 0,1 \text{ m}$
- 3 Holzwerkstoffplatte als
Dampfbremse, $s_D > 2,0 \text{ m}$
als Aussteifung und Luft-
dichtung

Bild 4 Aufbau strohballengedämmter Außenwandbauteile gemäß Zulassung [3]

Die am häufigsten im Strohballenbau eingesetzte Ausbildung der Bekleidung ist allerdings nicht in der bisherigen Zulassung enthalten. Hier werden die Strohballen in traditioneller Weise direkt verputzt, wozu im Allgemeinen Lehm eingesetzt wird, der ähnlich wie Stroh eine sehr gute Ökobilanz aufweist. Es gibt Strohballenhäuser, bei denen auch die Außenseite mit Lehm verputzt wurde, generell wird hier aber die Verwendung von wetterunempfindlicherem Kalkputz empfohlen (Bild 5). Für die direktverputzte Bauweise bedarf es aufgrund der beschriebenen Abweichung einer Zustimmung im Einzelfall.

Ein großer Nachteil der Bauweise ist die Brennbarkeit und das Glimmverhalten der Strohballen. Diesem Umstand muss mit konstruktiven Lösungen wie einer brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung begegnet werden. Bei Einfamilienhäusern (bis Gebäudeklasse 3) werden die Brandschutzanforderungen (F30-B) mit der üblichen Strohballenbauweise erfüllt. Es gibt ein allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis für eine tragende, raumabschließende Außenwandkonstruktion der Feuerwiderstandklasse F 30-B für ein Strohballenbauteil mit $\geq 8 \text{ mm}$ Lehmputzschicht.

Für Gebäude der Gebäudeklasse 4 (vier- bis fünfgeschossige Objekte) schreibt die Muster-Bauordnung eine hochfeuerhemmende Bauweise mit einem Feuerwiderstand von 60 Minuten vor, sowie die Verwendung nichtbrennbarer Baustoffe und eine brandschutztechnisch wirksame Bekleidung. In der auf europäischer Ebene harmonisierten Normung wird so ein hochfeuerhemmendes, tragendes und raumabschließendes Bauteil nach DIN EN 13501-2 [4] als „REI 60 K₂60“ klassifiziert. Da Strohballen brennbar sind ist deren Einsatz in der Gebäudeklasse 4 bauaufsichtlich zunächst nicht vorgesehen und bedeutet eine zustimmungspflichtige Abweichung.



Bild 5 Strohballenhaus mit direkt aufgebrachtem Kalkputz, Bösel [3]

GEBÄUDEBESCHREIBUNG

Das Kompetenzzentrum hat einen annähernd T-förmigen Grundriss mit einer Breite von ca. 27,5 m und einer Länge von ca. 31,5 m (Bild 6). Es weist einschließlich Erdgeschoss maximal drei oberirdische Geschosse auf mit einer Fußbodenoberkante des obersten Geschosses bei ca. 6,8 m. In Längsrichtung ist etwa mittig ein weiterer Gebäudeteil mit rechteckigem Grundriss integriert, der das T-förmige Gebäude in einen West- und einen Ostflügel unterteilt. Dieser Gebäudeteil weist einschließlich Erdgeschoss insgesamt fünf oberirdische Geschosse auf mit einer Fußbodenoberkante des obersten Geschosses bei ca. 13,0 m. Das Gebäude ist über seine gesamte Fläche unterkellert.

Das Gebäude wird über die beiden Haupteingänge in den Achsen 4-5/E und 4-5/B erschlossen. Von dort gelangt man in ein Foyer. Der höhere Gebäudeteil, das Büro- und Ausstellungshaus, verfügt über einen außenliegenden Treppenraum, von dem aus man im Erdgeschoss und in den vier Obergeschossen direkt oder über notwendige Flure in die Nutzungen gelangt. Im Erdgeschoss führt der Rettungsweg aus diesem Treppenraum direkt ins Freie. Aus dem Untergeschoss erreicht man über eine Außentreppe das Freie. Zudem kann man in gedachter Verlängerung des Treppenraums in das Erdgeschoss gelangen. Für die Erschließung der Geschosse steht zudem ein Aufzug zur Verfügung.



Bild 6 Grundriss des EG (oben) und dem 3. OG (unten) (Quelle: Architekten für Nachhaltiges Bauen GmbH)

Das Untergeschoss wird in Massivbauweise ausgeführt mit Mauerwerkswänden und einer Stahlbetondecke. Die tragenden Außenwände der oberirdischen Geschosse werden in Strohballenbauweise ausgeführt. Dabei handelt es sich um ein Holzständerwerk, deren Ständer eine Tiefe von 50 cm, bzw. 36 cm aufweisen. Die Zwischenräume werden mit Strohballen gefüllt. Die Oberflächen werden auf der Außenseite mit einem ca. 6 cm dicken Kalkputz versehen, auf der Innenseite wird eine ebenfalls ca. 6 cm dicke Lehmbeleidung angeordnet. Die tragenden und/oder aussteifenden Innenwände werden als Brettsperrholzelemente, Holztafelelemente oder in Mauerwerk gefertigt. Diese Trennwände werden mit Lehm- oder Kalksandsteinen gemauert und anschließend verputzt. Die Treppenraumwände und Schachtwände des Aufzugs werden aus Brettsperrholzelementen hergestellt und beidseitig 36 mm dick mit Gipskartonfeuerschutzplatten oder Gipsfaserplatten bekleidet. Die Decken bestehen aus Brettstapelelementen, die auf den genannten tragenden Wandbauteilen oder auf BSH-Unterzügen und BSH-Stützen aufliegen. Die Dächer werden als Holzbal-kendecken mit Strohballendämmung ausgeführt. Auf den Dächern befinden sich Solarthermie- und Photovoltaikanlagen.

Im Untergeschoss befinden sich ein Ausstellungsraum und ein Lagerbereich. Im Erdgeschoss befindet sich im Ostflügel ein Ausstellungsraum. Im Westflügel sind drei Büroräume, 1 Besprechungsraum, eine kleine Garderobe und ein Sanitärbereich angeordnet. Zwischen diesen Nutzungen liegt ein großes Foyer. Im 1. bis 4. Obergeschoss werden 20 Büroräume und zwei Besprechungsräume untergebracht, die an verschiedene Parteien vermietet werden sollen. Hinzu kommen Sanitärbereiche, drei kleine Teeküchen, ein Kopierraum und zwei kleine Abstellräume. Ferner befindet sich in jedem Geschoss ein Technikraum.

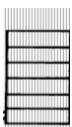
BAURECHTLICHE SITUATION UND RISIKOBEWERTUNG

Das Gebäude ist auf Grund seiner Höhe von 13,0 m nach NBauO § 2 Abs 9 [5] kein Gebäude geringer Höhe. Die Ausstellungsfläche im Kellergeschoss weist eine Größe von ca. 312 m². Es wird durch den Bauherren verbindlich und nachvollziehbar sichergestellt, z. B. durch den Verkauf von Eintrittskarten, dass sich zu keinem Zeitpunkt mehr als 200 Personen in der Ausstellung aufhalten. Unter dieser Voraussetzung ist das Gebäude nicht als Versammlungsstätte anzusehen. Auf Grund seiner Nutzung als Bürogebäude stellt es dennoch nach § 51 (2) eine bauliche Anlage besonderer Art und Nutzung dar. Daher können im Einzelfall besondere Anforderungen gestellt oder Erleichterungen gestattet werden, sofern die zuvor genannten Schutzziele dennoch eingehalten werden.

Mit der Novellierung der Muster-Bauordnung (MBO) [6] im Jahr 2002 und Einführung der Muster-Holzbaurichtlinie (M-HFHolzR) [7] im Jahr 2004 eröffnete sich dem Holzbau ein neuer Markt für mehrgeschossige Gebäude bis 13 m Höhe. Zuvor war der Holzbau auf Gebäude geringer Höhe bis 7 m beschränkt. Um diese Erweiterung des Anwendungsbereichs zu erreichen, musste nachgewiesen werden, dass sich das Brandrisiko im Vergleich zu Massivbauweisen mit Beton oder Mauerwerk nicht erhöht. Der Nachweis wurde in einem 2001

abgeschlossenen Forschungsvorhaben erbracht, dessen Ergebnisse Grundlage für die Erarbeitung der Muster-Holzbaurichtlinie waren.

Das Brandschutzkonzept der MBO ist zwar noch nicht in die aktuell gültige NBauO übernommen worden, dennoch kann es gemeinsam mit der Muster-Holzbaurichtlinie zur Begründung der Abweichungen als anerkannte Regel der Technik herangezogen werden. Die in Bild 7 dargestellte Anforderung hochfeuerhemmend für tragende und raumabschließende Bauteile der Gebäudeklasse 4 kann gemäß Muster-Holzbaurichtlinie auch in Holztafelbauweise ausgeführt werden. Die durch die Verwendung von Holz resultierenden zusätzlichen Brandrisiken werden in der Muster-Holzbaurichtlinie im Wesentlichen durch die sogenannte „brandschutztechnisch wirksame Bekleidung“ als entscheidende bauliche Kompensationsmaßnahme kompensiert. Aufgabe dieser Bekleidung ist es, die Holzbauteile bei einem Vollbrand über die geforderte Feuerwiderstandsdauer von 60 Minuten vor einer Entzündung zu schützen. Die Brandschutzbekleidung muss so dimensioniert werden, dass an der Oberfläche der Holzbauteile eine Temperatur von 270 °C im Mittel und 290 °C im Maximum nicht überschritten wird. Außerdem muss die Bekleidung raumabschließender Bauteile zur Vermeidung eines Rauchdurchtritts mindestens zweilagig mit versetzten Fugen ausgeführt werden. Die Hohlräume der Holztafelelemente müssen mit nichtbrennbarer Dämmung mit einem Schmelzpunkt > 1000 °C gefüllt werden. Brennbarer Dämmstoffen wie Stroh ist damit der Einsatz im mehrgeschossigen Holzbau gemäß Muster-Holzbaurichtlinie verwehrt.

Gebäudeklassen nach MBO 2008				
1	2	3	4	5
Freisteh. Gebäude OKF ≤ 7m; ≤ 2 NE oder: landw. Gebäude	OKF ≤ 7 m ≤ 2 NE ≥ 3 NE		7m < OKF ≤ 13m NE < 400m²	OKF > 13m (außer Sonderbauten)
				
feuerhemmend			hochfeuerhemmend	feuerbeständig

NE = Nutzungseinheit OKF = Oberkante Fußboden

NE = Nutzungseinheit

OKF = Oberkante Fußboden

Bild 7 Einteilung der Gebäudeklassen nach der MBO 2008

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens [8], [9] konnte am iBMB der TU Braunschweig jedoch der Nachweis erbracht werden, dass bei Einhaltung zusätzlicher konstruktiver Randbedingungen auch brennbare Dämmstoffe eingesetzt werden können, ohne das akzeptierte Sicherheitsniveau im Brandschutz abzusenken, obwohl zusätzliche Brandlasten eingebracht werden, die zudem zum Glimmen neigen. Des Weiteren muss berücksichtigt werden, dass sich bei den brennbaren Dämmstoffen bereits bei Temperaturen unterhalb der Entzündungstemperatur aufgrund der thermischen Zersetzung brennbare Gase bilden und im Bauteilinnern ansammeln können. Dies kann eine Gefahr für die Feuer-

wehr darstellen, die beim Löschangriff die Konstruktion öffnen muss, um eventuell vorhandene Glutnester zu löschen. Bei der Zufuhr von Sauerstoff können die Zersetzungsgase schlagartig durchzünden. Das Schutzziel der brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung muss demnach bei Verwendung brennbarer Dämmstoffe dahingehend erweitert werden, dass nicht nur die Entzündung der Dämmstoffe verhindert, sondern auch deren Ausgasung vermieden werden muss. Hinzu kommt, dass die Brandschutzbekleidung keine Schwachstellen in Form von Steckdosen, Schaltern oder Verteilerdosen aufweisen darf, da diese bei brennbarem Dämmmaterial zum Brandeintrag in die Konstruktion führen. Ebenso dürfen keine elektrischen Leitungen als potenzielle Zündquellen ungekapselt in den Bauteilen geführt werden. [10]

Die hier zu bewertende Strohballenbauweise unterscheidet sich auf der Außenseite von der in [8] untersuchten Bauweise dadurch, dass die bisher übliche Ausführung der Brandschutzbekleidung in Form einer 2-lagigen Gipsplattenbekleidung durch eine direkt auf das Stroh aufzubringende Kalk-Putzschicht ersetzt wird. Für das Bauvorhaben muss daher nachgewiesen werden, dass die Putzschicht die Schutzziele der brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung in gleicher Weise und mit gleicher Zuverlässigkeit erfüllt wie die bislang übliche Gipsplattenbekleidungen. Dazu muss vorher die Grenztemperatur der thermischen Zersetzung des Strohs bestimmt werden, die maßgebend für die Dimensionierung der Putzschicht ist.

Auf der Innenseite der Außenwände wird als Brandschutzbekleidung eine Lehmschicht angeordnet. Zur Aussteifung des Gebäudes befindet sich unterhalb dieser Lehmbelegung eine 27 mm dicke 3-Schichtplatte. Damit reduzieren sich die Anforderungen an die Lehmbelegung, da diese nun anstelle des Strohs eine Holzwerkstoffplatte vor der Entzündung schützen muss, dessen Grenztemperatur mit 270 °C deutlich höher liegt (Bild 8).

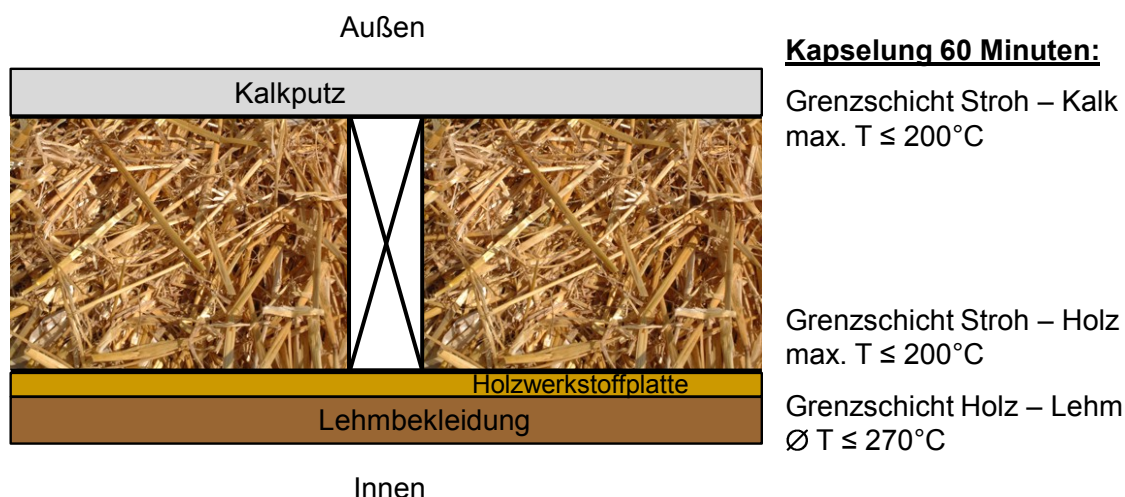


Bild 8 Anforderungen an die Bekleidung eines Strohballenbauteils in der GK 4

Aus dem vorherigen Forschungsvorhaben [8] ist bekannt, dass bereits eine 8 mm starke Holzwerkstoffplatte in Verbindung mit einer K₂60-Bekleidung die Schutzwirkung für das Stroh erfüllt. Folglich gelten für die Lehmbelegung die Leistungskriterien nach DIN EN 13501-2 [4]. Ist dies der Fall, kann die vorliegende Bauweise als gleichwertig zu einer Ausführung entsprechend den Anforderungen der Muster-Holzbaurichtlinie eingestuft werden.

RETTUNGSWEGSITUATION

Die Flucht- und Rettungswege aus dem Gebäude können im Gefahrenfall von den Personen im Gebäude benutzt werden und dienen auch der Feuerwehr als Angriffswege für die Fremdrettung und Brandbekämpfung. Nach § 20 (2) NBauO muss jede Nutzungseinheit mit mindestens einem Aufenthaltsraum in jedem Geschoss mindestens zwei voneinander unabhängige Rettungswege haben. Nach DVNBauO § 13 [11] muss der erste Rettungsweg, sofern die Nutzungseinheit nicht zu ebener Erde liegt, über eine notwendige Treppe führen. Der zweite Rettungsweg kann über Rettungsgerät der Feuerwehr führen.

Gemäß § 13 der DVNBauO muss ein notwendiger Treppenraum oder ein Ausgang ins Freie von jeder Stelle eines Aufenthaltsraumes innerhalb von maximal 35 m erreichbar sein. Im vorliegenden Gebäude wird von jeder Stelle jedes Raumes eine notwendige Treppe oder ein direkter Ausgang ins Freie innerhalb von 35 m erreicht. Die tatsächlichen Rettungsweglängen betragen maximal 27 m.

Der zweite Rettungsweg wird über Rettungsgerät der Feuerwehr sichergestellt. Dazu steht in jeder Nutzungseinheit mindestens ein Fenster zur Verfügung, welches die erforderlichen Maße aufweist (mindestens 0,90 m x 1,20 m bei einer Brüstungshöhe von maximal 1,20 m). Die Bewegungsflächen für die Feuerwehr stehen auf den öffentlichen Verkehrsflächen zur Verfügung. Auf der Südseite des Gebäudes im Innenhof befindet sich eine Aufstellfläche für die Drehleiter der Feuerwehr. Die Zugänglichkeit zum Gebäude ist von mehreren Seiten gewährleistet.

Da im Untergeschoss nur eine geringe natürliche Beleuchtung gegeben ist, besteht im Brandfall die Gefahr, dass bei Stromausfall der Ausgang ins Freie nicht gefunden werden kann. Daher sind die Rettungswege mit nachleuchtenden Piktogrammen zu kennzeichnen. In Verbindung mit der frühzeitigen Alarmierung über die Brandmeldeanlage ist dann auch das Auffinden der Rettungswege im Untergeschoss gewährleistet. Damit sind die Flucht- und Rettungswege im Gebäude sichergestellt.

ANLAGENTECHNISCHE BRANDSCHUTZMASSNAHMEN

Es ist geplant, zur Kompensation der Abweichungen von den baurechtlichen Vorschriften (u. a. Reduzierung der Feuerwiderstandsdauer der tragenden

Bauteile oder der Kapselklasse) eine automatische Brandmeldeanlage zu installieren und direkt zur Feuerwehr aufzuschalten.

In allen Geschossen des Büro- und Ausstellungsgebäudes sind flächendeckend automatische Brandmelder für die Kenngröße Rauch anzuordnen. Die Brandmelder sind in den Ausstellungsräumen, den Büros und Besprechungsräumen, den notwendigen Fluren, den Lagern und den Foyers vorzusehen. Die Auslösung eines Brandmelders muss zur Ansteuerung der Brandmelderzentrale führen, die eine direkte Übertragung der Feuermeldung zur Feuerwehr Verden bewirkt. Weiterhin ist eine akustische Warnanlage vorzusehen. Bei der Detektion eines Brandes in einer Nutzungseinheit ist ein akustisches Warnsignal auszulösen, das in allen Bereichen des gesamten Gebäudes deutlich zu hören sein muss. Bei Auslösen des ersten Rauchmelders der BMA erfolgt die Alarmierung zunächst nur in der betroffenen Nutzeinheit. Erst bei Auslösen eines zweiten Rauchmelders wird automatisch die Alarmierung im gesamten Gebäude ausgelöst und die Feuerwehr alarmiert.

Die Aufzüge sind mit einer Evakuierungsschaltung auszustatten, d. h. sie müssen im Brandfall auch bei Ausfall der allgemeinen Stromversorgung das 1. Obergeschoss ansteuern und danach außer Betrieb gehen, da im Erdgeschoss Rauchschutzvorhänge vor den Aufzügen installiert werden. Der Aufzugsschacht muss gemäß § 18 Abs. (3) der DVNBauO eine Rauchabzugsvorrichtung an oberste Stelle ins Freie mit einer Größe von mindestens 2,5 % der Grundfläche des Aufzugsschachtes, mindestens jedoch 0,10 m² besitzen. Dies wird eingehalten.

TRAGENDE UND/ODER AUSSTEIFENDE BAUTEILE

Nach § 5 der DVNBauO müssen tragende und aussteifende Wände feuerbeständig hergestellt werden. Feuerbeständige Bauteile müssen einen Feuerwiderstand von 90 Minuten haben und im Wesentlichen aus nichtbrennbaren Baustoffen hergestellt werden.

Tragende / aussteifende Außenwände

Die tragenden Außenwände sollen mit Ausnahme des Treppenhauses und des Kellergeschosses in Strohballenbauweise in der Qualität REI 60 K₂60 errichtet werden unter Beachtung der in [10] entwickelten zusätzlichen Anforderungen. Außenseitig wird zur Erzielung der Kapselklasse K₂60 ein ca. 6 cm dicker Kalkputz aufgebracht, auf der Innenseite wird die Kapselklasse K₂60 durch eine ebenfalls ca. 6 cm dicke Lehmbeleidung sichergestellt, der auf einer 3-Schichtplatte angeordnet wird. Es liegt somit bezüglich der Ausführung der tragenden und/oder aussteifenden Außenwände eine Abweichung vor, da die Außenwände in Strohballenbauweise in der Kapselklasse K₂60 ausgeführt werden.

Wie durch Brandversuche gezeigt werden konnte, verhalten sich die Strohballenwände bei einem real zu erwartenden Vollbrand aufgrund der Kapselung entsprechend den in [10] entwickelten und zuvor beschriebenen erweiterten Anforderungen für 60 Minuten Entzündungsschutz wie Bauteile aus nichtbrennbaren Baustoffen. Die Brandschutzbekleidung verhindert einen Brandeintrag in die Bauteile und die Teilnahme der Strohballen und des Holztragwerkes der Konstruktion am Brandgeschehen. Von der Feuerwehr nur schwer bekämpfbare Hohlraumbrände werden vermieden, und das Brandszenario bleibt für die Feuerwehr beherrschbar.

Die Reduzierung der Feuerwiderstandsdauer von 90 auf 60 Minuten wird durch die Anordnung einer automatischen Brandmeldeanlage kompensiert, die durch sehr schnelle Alarmierung eine rechtzeitige Flucht und Rettung aller Nutzer ermöglicht. Auf Grund der frühzeitigen Brandentdeckung und Alarmierung kann davon ausgegangen werden, dass innerhalb von 30 Minuten, spätestens jedoch bis 60 Minuten nach Brandausbruch wirksame Löscharbeiten durch die Feuerwehr durchgeführt werden, sodass eine Entzündung der tragenden Strohballenwände ausgeschlossen werden kann.

Es sei ferner angemerkt, dass sich die Anforderung „feuerbeständig“ der NBauO auf das maximal mögliche Brandrisiko eines bis zu 22 m hohen Gebäudes mit Nutzungseinheiten bis zu 1600 m² bezieht. Das vorliegende Gebäude weist lediglich eine Höhe von 12,70 m auf und hat Nutzungseinheiten mit weniger als 400 m² Grundfläche. Im Erdgeschoss darf der Sanitärbereich als brandlastfreie Zone vernachlässigt werden, sodass sich hier die größte Nutzungseinheit mit ca. 380 m² ergibt. Die übrigen Nutzungseinheiten weisen Flächen von höchstens 205 m² auf. Das Untergeschoss muss nicht berücksichtigt werden, da es feuerbeständig abgetrennt ist. Dies bedeutet ein deutlich vermindertes Brandrisiko im Vergleich zu maximal zulässigen Werten. In der Begründung zur Muster-Bauordnung heißt es daher: „Gebäude mit Nutzungseinheiten, die deutlich kleiner sind als Brandabschnitte, die gegeneinander mit Brandschutzqualität abgetrennt sind und die über ein eigenes Rettungswegsystem verfügen, stellen für die Brandausbreitung und die Brandbekämpfung durch die Feuerwehr ein geringeres Risiko dar als Gebäude mit ausgedehnten Nutzungseinheiten. Für Gebäude mit dieser Zellenbauweise (auch Kompartiment-Bauweise genannt) sind daher geringere Brandschutzanforderungen vertretbar.“ Diesem Sachverhalt wurde in der MBO (in den Fassungen ab 2002) durch eine Reduzierung der Feuerwiderstandsdauer für Gebäude der Gebäudeklasse 4 mit bis zu 13 m Höhe und Nutzungseinheiten von maximal 400 m² Rechnung getragen.

Tragende / aussteifende Innenwände

In den Achsen 1-2/G und 1-2/E, sowie in Achse B-C/7 werden im Erdgeschoss, 1. Obergeschoss und 2. Obergeschoss Wände zur Gebäudeaussteifung in Brettsperrholz- bzw. Holztafelbauweise ausgeführt (vgl. Bild 6). Die Hohlräume der Holztafelelemente werden mit brennbarer Dämmung vollständig gefüllt. Die Wände sind unter Einhaltung zuvor beschriebenen und in [10] entwickelten zu-

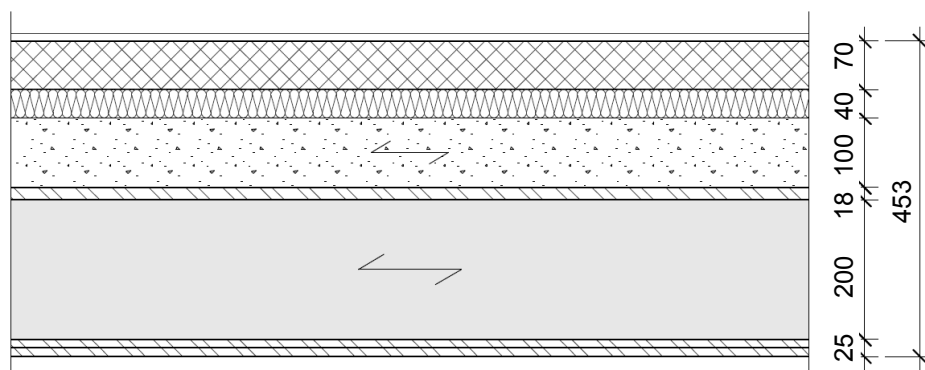
sätzlichen Anforderungen an die Brandschutzbekleidung als vergleichbar REI 60 K₂60 einzustufen.

Zur Reduzierung der Feuerwiderstandsdauer von 90 auf 60 Minuten wird eine Brandmeldeanlage angeordnet. Die Begründung zu den tragenden Außenwände gilt sinngemäß.

Decken

Die Decken müssen entsprechend § 10 der DVNBauO feuerbeständig hergestellt werden. Die Decke über dem Untergeschoss wird in Stahlbetonbauweise in der Feuerwiderstandsdauer REI 90 bzw. F 90-A ausgeführt.

Alle weiteren Geschossdecken werden als Brettstapelelemente ausgeführt (Bild 9). Die Decken weisen eine Feuerwiderstandsdauer von 60 Minuten und einen Entzündungsschutz von 30 Minuten auf und sind daher als REI 60 K₂ 30 einzustufen. Gemäß aktuellem Planstand wird die Brandschutzbekleidung auf der Unterseite in Form von Gipskartonfeuerschutz- oder Gipsfaserplatten hergestellt. An der Oberseite werden der Entzündungsschutz über 30 Minuten und die Rauchdichtigkeit für eine Branddauer von mindestens 60 Minuten durch den Fußbodenaufbau sichergestellt.



Deckenaufbau:

- Bodenbelag
- Zementestrich, d = 70 mm
- Trittschalldämmung d = 40 mm
- Kalkspittschüttung d = 100mm
- Gipsfaserplatte d= 18 mm
- Brettstapelelement d = 200 mm
- Gipsfaserplatte d = 18 mm

Bild 9 Querschnitt der Geschossdecken

Eine Abweichung zu § 10 der DVNBauO besteht in der Reduzierung der Feuerwiderstandsdauer auf 60 Minuten und der Verwendung brennbarer Baustoffe bei gleichzeitiger Reduzierung der Kapselungsdauer auf 30 Minuten. Die Anforderungen aus der M-HFHolzR dienen dazu, einen Brandeintrag in die Bauteile zu verhindern und eine Beteiligung der immobilien Brandlast der Konstruktion am Brandgeschehen zu vermeiden. Schwer bekämpfbare Hohlraumbrände, die

in Holztafelementen auftreten könnten, sollen verhindert werden. Diese Schutzziele können auch bei einem reduzierten Entzündungsschutz erreicht werden, indem durch schnelle Alarmierung der Feuerwehr für einen frühzeitigen Beginn wirksamer Löscharbeiten gesorgt wird. Diese schnelle Alarmierung wird durch die automatische Brandmeldeanlage mit Aufschaltung zur Feuerwehr erreicht. Es kann davon ausgegangen werden, dass ein Löschangriff der Feuerwehr Verden innerhalb von 30 Minuten nach Brandausbruch erfolgt. Damit kann in den meisten Fällen eine Entzündung der Decken verhindert werden. Ein Hohlraumbrand ist auszuschließen, da es sich um massive Bauteile handelt. Damit bleibt das Szenario für die Feuerwehr beherrschbar.

Die Geschosse werden flächendeckend durch die Brandmeldeanlage mit akustischer Alarmierung der Nutzer überwacht. Aufgrund der kurzen Rettungswege ist die Selbstrettung der Nutzer günstiger als baurechtlich gefordert. Die Rauchdichtigkeit der Decken ist durch den Estrichaufbau gemäß M-HFHolzR gewährleistet. Einer Beaufschlagung einer benachbarten Nutzungseinheit durch Rauchgase wird damit wirksam vorgebeugt.

Stützen und Unterzüge

Nach §§ 5, 9 und 10 der DVNBauO müssen Stützen und Unterzüge feuerbeständig hergestellt werden. Eine feuerbeständige Bauweise muss eine Feuerwiderstandsdauer von 90 Minuten aufweisen und in wesentlichen Teilen aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen.

Die Stützen und Unterzüge sollen in Holz hergestellt werden in der Qualität REI 60 K₂15. Ein Teil der Stützen und Unterzüge soll sichtbar bleiben. Zur Erzielung der Kapselklasse K₂15 wird die Oberfläche durch eine Brandschutzbeschichtung geschützt. Es ist geplant, eine im Rahmen von zwei InnoNet-Verbundvorhaben [12, 13, 14] entwickelte Hochleistungsbrandschutzbeschichtung für diesen Zweck einzusetzen (Bild 10).



Bild 10 transparente Hochleistungsbrandschutzbeschichtung

Ziel dieses Beschichtungssystems ist es, die Holzbauteile bei Brandeinwirkung über eine definierte Branddauer, ähnlich wie eine brandschutztechnisch wirksame Bekleidung, vor der Entzündung zu schützen. Darüber hinaus soll die Beschichtung bei Normaltemperatur Oberflächen in Möbelqualität aufweisen. Bei Hitzeeinwirkung durch Heißgase oder Flammen kommt es zum Aufquellen. Es bildet sich eine poröse, zusammenhängende keramische Schutzschicht, die das Trägermaterial längere Zeit gegen hohe Temperaturen schützen kann.

Ein großer Teil der Stützen ist in Wände integriert. In diesem Fall wird der Entzündungsschutz von mindestens 15 Minuten durch einen ca. 1,5 cm dicken Lehmputz sichergestellt.

Es liegt somit bezüglich der Ausführung der Stützen und Unterzüge eine Abweichung zur DVNBauO vor. Durch die Kapselung für 15 Minuten ist in Kombination mit der automatischen Brandmeldeanlage sichergestellt, dass während der Selbstrettung der Nutzer von der immobilen Brandlast der Stützen und Unterzüge kein zusätzliches Brandrisiko ausgeht. Angesichts der kurzen Rettungswege und der frühzeitigen Alarmierung durch die BMA sind die Möglichkeiten der Selbstrettung der Nutzer günstiger als baurechtlich gefordert. Erst nach einem Vollbrand von 15 Minuten Dauer würden sich die Holzbauteile am Brandgeschehen beteiligen. Dies ist als unkritisch anzusehen, da es sich nur um sehr wenige, stabförmige Bauteile handelt, deren brennbare Oberfläche klein ist.

Zur Reduzierung der Feuerwiderstandsdauer von 90 auf 60 Minuten gilt die Begründung zu den tragenden Außenwänden sinngemäß.

BRANDSCHUTZTECHNISCHE UNTERSUCHUNGEN

Im Rahmen des Forschungsvorhabens „Direktverputzte Strohballenbauteile für mehrgeschossige Gebäude der Gebäudeklasse 4“ soll systematisch untersucht werden, ob Putzbekleidungen die Strohballendämmung bei einer Normbrandbeanspruchung über einen Zeitraum von 60 Minuten ausreichend schützen können. Dazu muss zunächst die für Baustroh kritische Temperatur bestimmt werden, die im Brandfall nicht erreicht werden darf. Daraufhin kann die Brandschutzbekleidung in ihrer Dicke und Zusammensetzung optimiert werden. Dies erfolgt zunächst mittels kleinformatiger Cone-Kalorimeterversuche mit daran anschließenden Belegversuchen in Normbrandöfen. Zusätzlich sind Detailfragestellungen wie Installationsführungen und Vorgaben zur Qualitätssicherung von Interesse. Im Folgenden werden einige der für das Bauvorhaben interessanten Brandversuche vorgestellt und die Ergebnisse zusammengefasst.

Bestimmung der Grenztemperatur von Baustrohballen

Um die erforderliche Leistungsfähigkeit für die Brandschutzbekleidungen definieren zu können, musste zunächst die Grenztemperatur der thermischen Zersetzung von Baustrohballen bestimmt werden. Im Brandfall soll über den

Schutzzeitraum von 60 min wie zuvor erläutert nicht nur die Entzündung, sondern sogar die kleinste thermische Veränderung des Dämmstoffs verhindert werden. Als Indikator wird hierfür die beginnende Verfärbung des Dämmstoffes benutzt. Hierzu wurde im Rahmen einer Machbarkeitsstudie [15] das Stroh im Cone-Kalorimeter nach dem in [10] beschriebenen Verfahren untersucht. In Bild 11 ist das Cone-Kalorimeter nach ISO 5660 schematisch dargestellt.

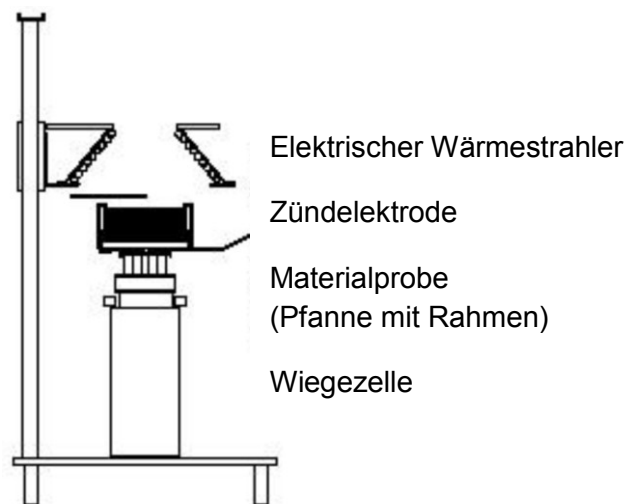


Bild 11 Aufbau des Cone-Kalorimeters

Zur Ermittlung der Grenztemperatur der thermischen Zersetzung sieht der Versuchsaufbau vor, dass oberhalb des Strohs eine 18 mm dicke Gipskartonfeuerschutzplatte mit einem Thermoelement auf der Unterseite angeordnet wird. Mit der Heizspirale des Cone-Kalorimeters wird eine Wärmestromdichte von 20 kW/m^2 erzeugt, sodass nach ungefähr einer Stunde auf der Unterseite der GKF Temperaturen zwischen 150 und 275°C herrschen. Über die Feststellung der Verfärbung in Bild 12 bei unterschiedlichen Temperaturschritten konnten 200°C als Grenztemperatur der thermischen Zersetzung für Bau-Strohballen ermittelt werden.



Bild 12 Bestimmung der Grenztemperatur der thermischen Zersetzung [15]

Brandschutztechnische Untersuchungen zu Lehmbekleidungen

Um die Leistungsfähigkeit verschiedener Lehmbekleidungen vergleichend beurteilen zu können wurden ebenfalls Versuche im Cone-Kalorimeter durchgeführt. Dabei wurde eine Wärmestromdichte von ca. 40 kW/m² eingestellt, was mit den Werten von Normbrandversuchen in etwa vergleichbar ist. Dennoch sind die Ergebnisse der Cone-Kalorimeter-Versuche nicht direkt auf Normbrandversuche (ETK) übertragbar. Die Cone-Kalorimeter-Versuche dienen lediglich der Orientierung und dem Vergleich der Proben untereinander, sodass eine sinnvolle Auswahl für die aufwändigen und kostenintensiven Normbrandversuche getroffen werden kann.

Es wurden auf diese Weise ein Strohlehmputz und ein mineralischer Lehmputz in 6 cm Dicke untersucht. Den Versuchsaufbau und die Ergebnisse zeigt Bild 13.

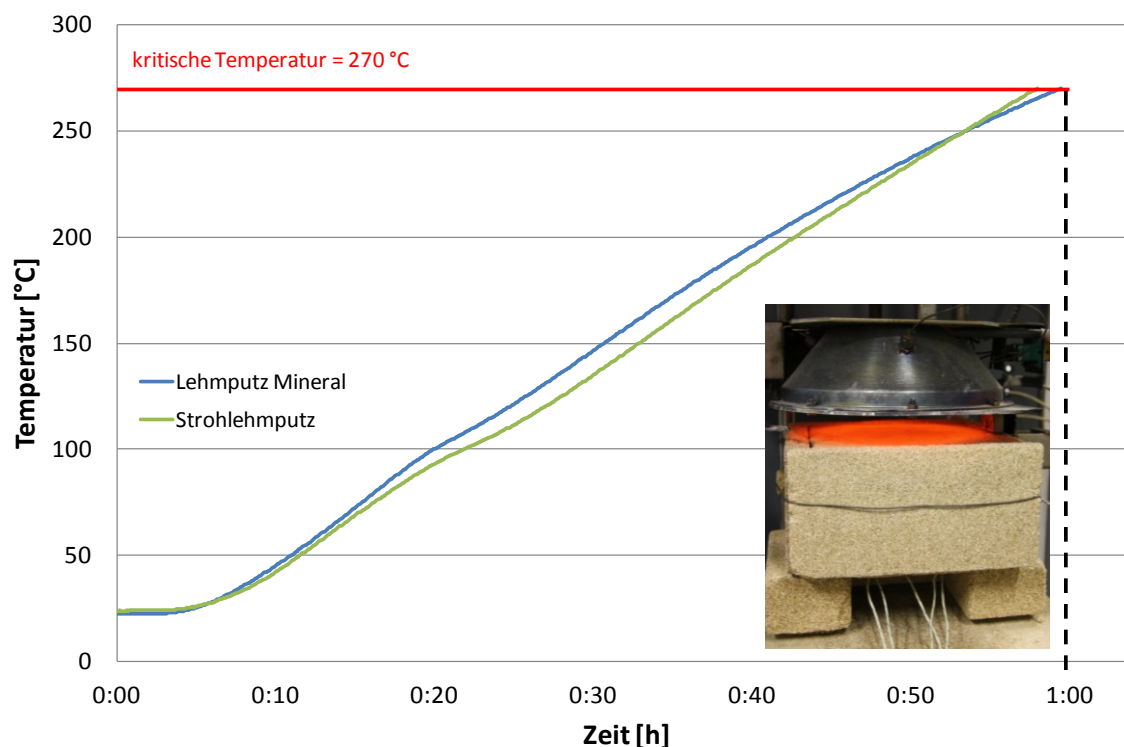


Bild 13 Lehmputzproben im Cone-Kalorimeter

Die ersten Versuchsergebnisse für herkömmliche Lehmputze zeigten, dass zur Erfüllung der brandschutztechnischen Anforderungen Putzschichten ≥ 6 cm erforderlich wären. Dies ist aus technischen und wirtschaftlichen Gründen problematisch, sodass beschlossen wurde einen Teil der Lehm-Putzschicht durch vorgefertigte Lehmplatten zu ersetzen. Dies bietet neben einem geringeren Feuchteeintrag in das Bauteil ebenfalls Vorteile für die Qualitätssicherung der Putzschicht, um eine definierte Mindestdicke zuverlässig einhalten zu können. Vom Projektpartner Claytec wurde daraufhin eine Lehm-Platte mit Leicht-

zuschlägen neu entwickelt. Diese Platte wurde zunächst in verschiedenen Stärken brandschutztechnisch im Cone-Kalorimeter untersucht.

Da durch eine reine plattenförmige Bekleidung durchgehende Fugen entstehen, die einen frühzeitigen Durchtritt von Heißgasen befürchten lassen, wurden zusätzlich verschiedene Deckputze in unterschiedlicher Stärke auf die Platte aufgetragen und im Brandversuch untersucht. Die Kombination aus einer 45 mm dicken Lehm-Platte mit einer 10 mm dicken Lehmputzschicht mit mineralischen Zuschlägen der Firma Claytec lieferte vielversprechende Ergebnisse, sodass eine Prüfung unter Normbrandbedingungen durchgeführt wurde. Die Versuche wurden in Anlehnung an DIN EN 13501-2 und DIN EN 14135 [16] durchgeführt. Die Bauteile wurden in einem Kleinbrandofen geprüft. Der Ofen hat eine Grundfläche von 1,0 m x 1,5 m und eine Höhe von 1,5 m. Der Raum ist nach oben offen, was den Einbau eines Deckenelementes ermöglicht. Daraus ergibt sich für das Deckenelement eine beflamnte Fläche von 1,0 m x 1,5 m. Die mittlere Ofentemperatur stieg entsprechend der Einheitstemperaturzeitkurve an und wurde mit Hilfe zweier Ölbrenner erzeugt.

Die Probekörper bestanden aus einer Holz-Ständerkonstruktionen mit einer Spanplatte als Indikatorplatte, um eventuell vorhandene Verkohlungen nachzuweisen. Die Abmessungen der Probekörper betrugen 1,14 m x 1,70 m und wurden unter in der Praxis üblichen Bedingungen durch die beteiligten Unternehmen angefertigt. Die Prüfung als Deckenbauteil stellt hinsichtlich der Haftung der Putzschicht den ungünstigsten Fall dar und deckt somit die Anwendung als Wandbauteil auf der sicheren Seite mit ab.

Auf der 19 mm starken Spanplatte der Unterkonstruktion wurden von der Firma Claytec die neu entwickelten 45 mm dicken Lehm-Platten angebracht. Ein ebenfalls neu entwickelter Lehmkleber mit einem Zelluloseanteil $\leq 1\%$ wurde eingesetzt, um die Platten vollflächig mit der Spanplatte zu verkleben. Dieser Kleber wurde außerdem zum vollständigen Verfugen der einzelnen Platten mit einer Größe von 34 x 60 cm² verwendet. Zusätzlich wurde jede Platte mit vier Schrauben mit einem Schaftdurchmesser von 3,5 mm und geteilte Platten mit je zwei Schrauben befestigt. Um den Temperatureintrag über Befestigungsmittel beurteilen zu können, wurden die Schrauben zur Befestigung der Lehm-Platten in der einen Hälfte des Probekörpers mit der Oberfläche der Platten bündig angebracht und in der anderen Hälfte 15 mm in die Platten versenkt. Um die Schrauben versenken zu können, wurden die Platten mit einem Bohrer (d = 8 mm) ausgefräst, dann mit Putz verfüllt, um somit die Schrauben zusätzlich thermisch schützen zu können. Die Platten wurden anschließend mit 10 mm Lehmputz verputzt. Oberflächennah wurde ein Flachsgewebe eingeputzt, um Trocknungsrisse zu vermeiden.

Nach der Beflammung über die gewünschte Kapselungsdauer von 60 Minuten wurden die Probekörper umgehend vom Ofen abgenommen, mit Wasser gekühlt und die Lehmschicht abgeschlagen. Eine anschließende Untersuchung der Trägerplatte zeigt, ob eine thermische Schädigung der Spanplatte vorliegt oder nicht.

Zur Bestimmung der Temperatur wurden in der Grenzschicht zwischen Lehm-bekleidung und Spanplatte jeweils 15 Thermoelemente angeordnet. Diese befanden sich sowohl im ungestörten Bereich der Platten als auch im Bereich der Fugen.

Bild 14 zeigt die Oberfläche der Lehmputzschicht direkt nach der 60-minütigen ETK-Beflammung, während das Bauteil vom Brandofen genommen wird. Es ist zu erkennen, dass die Putzschicht intakt ist und keine Risse aufweist.

Die Temperaturentwicklung in der Grenzschicht zwischen Putz und Strohballen ist in Bild 15 dargestellt. Während der gesamten Feuerwiderstandsdauer von 60 Minuten wird die Grenztemperatur von 270 °C nicht erreicht. Dies gilt ebenfalls für die hinter den Fugen der Lehmplatten angeordneten Thermoelemente.

Nach Kühlung des Probekörpers und Abschlagen der Putzschicht ist erkennbar, dass die Spanplatte bei Versenken der Schrauben um 15 mm Tiefe keine thermischen Schädigungen in Form von Verfärbungen, Verkohlungen oder Verbrennungen aufweist. Werden die Schrauben jedoch nicht versenkt und lediglich bündig mit der Plattenoberfläche angeordnet, sind in diesem Bereich punktuelle Verkohlungen erkennbar. (siehe Bild 16)

Der Versuch hat gezeigt, dass die neu entwickelte 45 mm dicke Lehmplatte mit Leichtzuschlägen in Kombination mit dem 10 mm dicken Lehmputz mit mineralischen Zuschlägen der Firma Claytec die Anforderungen einer brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung in der Qualität K₂60 erfüllt.



Bild 14 *Lehm-Putzschicht nach 60-minütiger ETK-Beflammung*

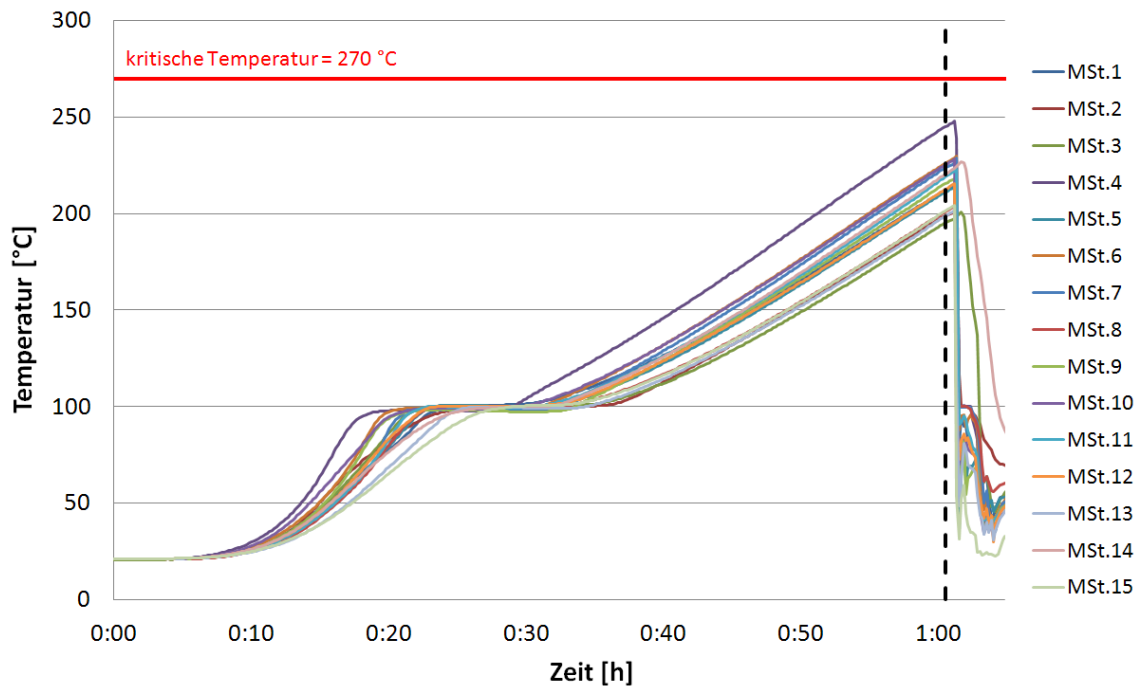


Bild 15 Temperaturentwicklung in der Grenzsicht Spanplatte – Lehmbelegung



Bild 16 Zustand der Spanplatte hinter der Lehmplatte nach 60-minütiger ETK-Beflammung

Brandschutztechnische Untersuchungen zu Kalkputzen

Auch für den Kalkputz auf der Außenfassade wurden zunächst erste Voruntersuchungen mit dem Cone-Kalorimeter durchgeführt. Auf Basis dieser Ergebnisse wurde ein neu entwickelter Leichtkalkputz der Firma Endress mit einer Stärke von 6 cm ebenfalls in Anlehnung an die Prüfung nach DIN EN 14135 zur Klassifizierung als Brandschutzbekleidung im kleinen Deckenbrandhaus untersucht. Da in diesem Anwendungsfall die Putzschicht direkt auf das Stroh aufgebracht ist muss eine thermische Grenztemperatur von 200 °C eingehalten werden. Die Ergebnisse sind in Bild 17 dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Grenztemperatur der thermischen Zersetzung bei 60-minütiger ETK-Beflammung nicht erreicht wird.

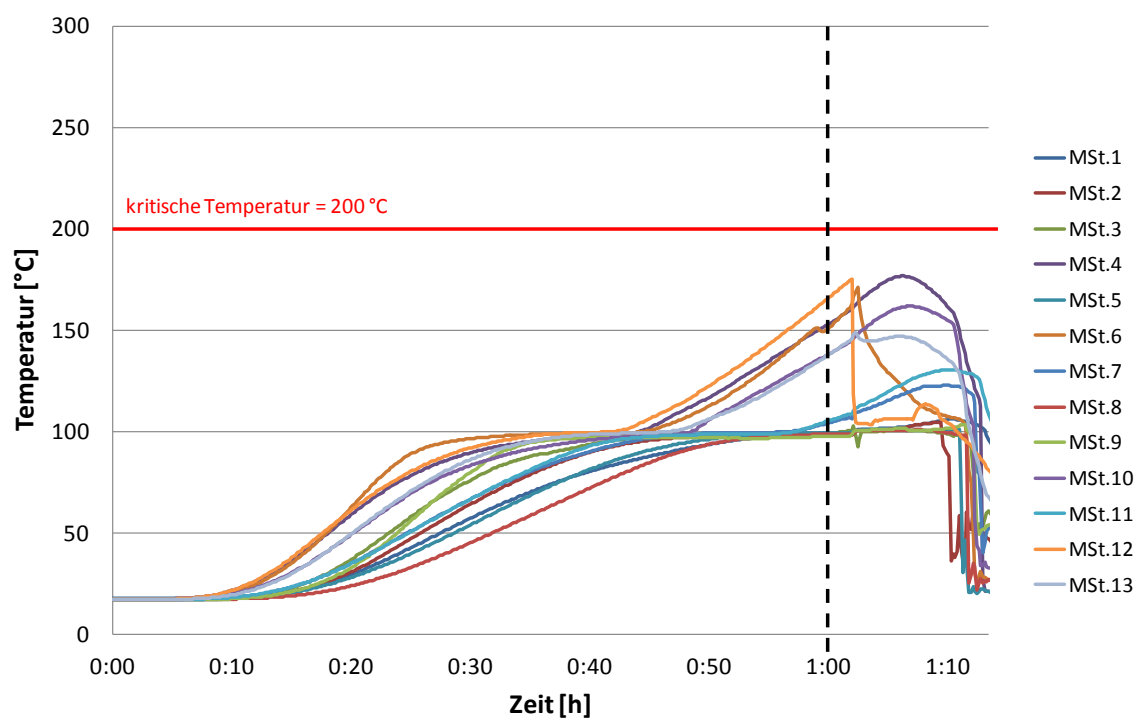


Bild 17 Versuchsergebnisse von 6 cm Leichtkalkputz im kleinen Deckenbrandhaus

Außerdem konnten während und nach der Prüfung keine Risse oder sonstige Schädigungen des Putzes beobachtet werden (Bild 18). Nach dem Versuch wurde der Probekörper mit Wasser gekühlt, der Putz abgeschlagen und es erfolgte die visuelle Prüfung, bei der keine Verfärbungen am Stroh festgestellt werden konnten (Bild 19). Somit konnte ebenfalls nachgewiesen werden, dass der erweiterter Entzündungsschutz über 60 Minuten mit dem direkt aufgetragenen 6 cm dicken Leichtkalkputz sichergestellt werden kann. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Verbindungsschicht, in der sich Stroh und Kalkputz vermischen nicht angerechnet werden darf. Nur die reine Kalkputzschicht darf berücksichtigt werden.



Bild 18 Zustand des Putzes nach dem Brandversuch



Bild 19 Zustand des Strohs direkt hinter der Putzschicht

ZUSAMMENFASSUNG

Als Demonstrationsobjekt möchte das Norddeutsche Zentrum für nachhaltiges Bauen den 5-geschossigen Neubau des Kompetenzzentrums in Strohballenbauweise ausführen. Neben einer großen Ausstellungsfläche beinhaltet das Gebäude hauptsächlich Büroräume. Bislang wurde diese ohnehin seltene Bauweise lediglich für Gebäude bis 7 m Höhe verwendet.

Die Ausführungen zeigen, dass die zusätzlichen Risiken bei Verwendung von Strohballendämmung anstelle der für hochfeuerhemmende Bauteile in Holztafelbauweise vorgeschriebenen nichtbrennbaren Dämmung mit einem Schmelzpunkt $> 1000\text{ °C}$ durch die baulichen Kompensationsmaßnahmen ausgeglichen werden. Die Brandschutzbekleidung muss erhöhte Anforderungen hinsichtlich des thermischen Schutzes in der Form erfüllen, dass keine thermische Veränderung des Dämmmaterials über die geforderte Schutzdauer von 60 Minuten auftreten darf. Zusätzlich müssen punktuelle Schwächungen der Brandschutzbekleidung wie beispielsweise die Durchführung von Elektroinstallationen grundsätzlich vermieden werden.

Auf Grundlage der dargestellten Branduntersuchungen können die beschriebenen Konstruktionen hinsichtlich der eingesetzten Baustoffe und der brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung als gleichwertig zu einem hochfeuerhemmenden Bauteil entsprechend der Vorgaben der Muster-Holzbaurichtlinie für die Kapselklasse K₂60 gemäß DIN EN 13501-2 eingestuft werden. Dies ist ebenfalls für die Funktionen des Raumabschlusses (Leistungskriterium E) und der Wärmedämmung (Leistungskriterium I) für eine Dauer von mindestens 60 Minuten gewährleistet. Die Tragfähigkeit (Leistungskriterium R) der Bauteile einschließlich der aussteifenden Bauteile und deren Anschlüsse kann nach DIN EN 1995-1-2 in Verbindung mit DIN EN 1995-1-2/NA nachgewiesen werden.

Zur Kompensation der reduzierten Feuerwiderstandsdauer von 90 auf 60 Minuten wird eine Brandmeldeanlage vorgesehen.

Die Autoren möchten darauf hinweisen, dass sich der Bauantrag zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Beitrags noch in Bearbeitung befindet und sich somit in Abstimmung mit zuständigen Bauaufsichtsbehörde Änderungen ergeben können.

LITERATUR

- [1] Homepage des Norddeutschen Zentrums für Nachhaltiges Bauen, www.nzn.de vom 24. August 2012
- [2] Minke, G.; Krick, B.: Handbauch Strohballenbau, ökobuch Verlag, 2009
- [3] Scharmer, D.: Fachgerechter Strohballenbau, Seminar im Ökodorf Sieben Linden vom 14. - 16. Oktober 2011
- [4] DIN EN 13501-2: Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten – Teil 2: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen, mit Ausnahme von Lüftungsanlagen; Ausgabe Januar 2008
- [5] Niedersächsische Bauordnung (NBauO) in der Fassung vom 10. Februar 2003
- [6] Musterbauordnung (MBO); Fassung November 2002, zuletzt geändert im Oktober 2008)

- [7] Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise (Muster-Holzbaurichtlinie – M-HFHHolzR); Fassung Juli 2004
- [8] Hosser, D.; Kampmeier, B.: Untersuchungen zur Optimierung und Standardisierung von Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen; Teilprojekt 3b: Brandtechnische Untersuchungen zur Optimierung der Flamschutzmittelzusammensetzung und des Brandverhaltens auf Bauteilebene; Schlussbericht eines vom BMELV geförderten und der FNR betreuten Forschungsvorhaben; FKZ:22008905; 2007
- [9] Kampmeier, B.: Verwendbarkeit von Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen im Holztafelbau. In: Braunschweiger Brandschutz-Tage '07, Tagungsband. Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz, TU Braunschweig, Heft 199, Braunschweig 2007, ISBN 978-3-89288-181-0.
- [10] Kampmeier, B.: Risikogerechte Brandschutzlösungen für den mehrgeschossigen Holzbau. Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz, TU Braunschweig, Heft 206, zugleich Dissertation TU Braunschweig, Braunschweig 2008, ISBN 978-3-89288-189-6.
- [11] Allgemeine Durchführungsverordnung zur Niedersächsischen Bauordnung (DVNBauO) vom 11. März 1987, zuletzt geändert am 22. Juli 2004
- [12] Hosser, D.; et al: Brandverhalten von massiven Holzbauteilen und Fassadenelementen mit Hochleistungsbrandschutzbeschichtung; Abschlussbericht zum Forschungsauftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit; Juni 2005
- [13] Hosser, D.; et al: Verbesserung der Leistungsfähigkeit von Hochleistungsbrandschutzbeschichtungen und Entwicklung überprüfbarer Beurteilungskriterien; Abschlussbericht zum Forschungsauftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie; April 2009
- [14] Hollmann, Dirk: Grundlagen und Ingenieurmodell für den Nachweis von Holzbauteilen mit Hochleistungsbrandschutzbeschichtung; Dissertation an der TU Braunschweig; Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz; Heft 215; 2011
- [15] Niemann, Thorben: Brandschutztechnische Untersuchungen zum Nachweis der Verwendbarkeit von strohgedämmten Holzbauteilen als gleichwertig zur hochfeuerhemmenden Bauweise nach der Muster-Holzbaurichtlinie; Diplomarbeit der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden; Durchführung und Betreuung am iBMB der TU Braunschweig; April 2010
- [16] DIN EN 14135: Brandschutzbekleidungen – Bestimmung der Brandschutzwirkung; Ausgabe November 2004

MILANEO IN STUTT GART – AKTUELLES ZUM BRANDSCHUTZKONZEPT

Christoph Klinzmann

hhpberlin Ingenieure für Brandschutz GmbH, Hamburg

EINLEITUNG

Bei dem geplanten Gebäudekomplex handelt es sich um den Neubau eines dreigeschossigen Shopping-Centers mit Tiefgarage, auf dessen Dach Wohngebäude, ein Hotel sowie ein Bürogebäude errichtet werden. Gemeinsam bilden sie das vormals „Quartier Mailänder Platz“ und jetzt „MILANEO“ genannte Bauvorhaben. Das Quartier ist Teil eines größeren Geländes, das im Zuge der Verlegung von Nutzungen der Deutschen Bahn im so genannten Europaviertel durch die Projektpartner Bayerische Hausbau GmbH & Co. KG (BHG), ECE Projektmanagement GmbH und STRABAG Real Estate GmbH neu entwickelt wird. Bild 1 zeigt eine Ansicht des MILANEO im Zusammenhang mit den Nachbargebäuden.



Bild 1 *Einbindung des MILANEO in das Umfeld des Europaviertels
(Darstellung Aldinger + Wolf)*

Auf insgesamt 15 Baufeldern wurden und werden verschiedene Gebäude neu errichtet. MILANEO erstreckt sich über die Baufelder 6, 8 und 9 und liegt damit ca. 900 Meter nördlich des Stuttgarter Hauptbahnhofes am nördlichen Rand des Europaviertels gegenüber der 2011 eröffneten Stadtbibliothek und dem im Zuge des Bauvorhabens neu erstellten öffentlichen Mailänder Platz. Der gesamte Baukörper hat im Geschoss mit der größten Ausdehnung eine maximale Breite von ca. 270 m und eine maximale Tiefe von ca. 150 m. Die maximale Gebäudehöhe beträgt ca. 30 m bis zum Dach des Gebäudes über der mittleren Geländehöhe.

Durch die innenstädtische Lage muss sich das Bauvorhaben auch an verkehrstechnische Belange und Randbedingungen anpassen. Der Gebäudekomplex wird an zwei Seiten durch das öffentliche Straßenland umschlossen. Im Norden bzw. Nord-Osten befindet sich die kleinere Wolframstraße, während im Westen

die Hauptverkehrsstraße Heilbronner Straße angrenzt. Südlich des Gebäudes verläuft unterhalb des vor dem Gebäude gelegenen Mailänder Platzes eine U-Bahn-Linie. Etwa auf Höhe des ersten Untergeschosses durchquert zusätzlich ein Straßentunnel das Gebäude. Der Straßentunnel dient unter anderem zur Erschließung der Anlieferungen und Parkgeschosse, aber auch den weiteren Baufeldern des Europa-Viertels.

Im Gebäude werden sehr unterschiedliche Nutzungen mit unterschiedlichen brandschutztechnischen Anforderungen und Zwängen mit einander vereint. Diese Komplexität des Gebäudes und die Anforderungen an die Wirtschaftlichkeit des Projektes machten die Ausarbeitung eines schutzzielorientierten Brandschutzkonzeptes erforderlich.

BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES

Der Gebäudekomplex setzt sich aus einer durchgehenden Sockelbebauung, die aus drei unterirdischen Park- und Versorgungsgeschossen (ca. 76.000 m² Fläche) und einem teilweise unterirdisch liegenden Geschoss mit Verkaufsräumen (Erdgeschoss 1) besteht, sowie drei getrennten aufgehenden Baukörpern zusammen. Diese sind oberhalb des Erdgeschoss 1 nur noch im 1. Obergeschoss über Brücken verbunden.

Da das umgebende Gelände stark geneigt ist, erfolgt der Zugang im Nord-Westen an der Heilbronner Straße auf Höhe des ersten Obergeschosses ebenerdig, während im Süd-Osten der Ausgang im Erdgeschoss 1 auf Geländeneiveau möglich ist. Dieser Umstand war vor allem bei der Bewertung der Zugänglichkeit für die Feuerwehr der Obergeschosse der einzelnen Baukörper wesentlich.

Die aufgehenden Baukörper entsprechen in ihren Abmessungen wieder den ursprünglichen Baufeldern des Europa-Viertels und werden daher als Baufeld 6, 8 und 9 bezeichnet. In den Geschossen Erdgeschoss 2 und 1. Obergeschoss befinden sich ebenfalls Verkaufsräume, sodass sich die Verkaufsstätte über insgesamt drei Geschosse (ca. 80.000 m² Gesamtfläche, ca. 43.000 m² Verkaufsfläche) erstreckt. In den einzelnen Baufeldern werden die einzelnen Verkaufsräume um zentral angeordnete Lichthöfe angeordnet, die nach den unterschiedlichen Themen „Nature“, „Urban“, und „Modern“ mit besonderen Materialien ausgestattet werden (siehe Bild 2).



Bild 2 Lichthöfe mit unterschiedlichen Themen [Quelle ECE]

Oberhalb der Verkaufsstätte folgen auf den einzelnen Baufeldern wiederum um einen Innenhof angeordnete Baukörper, die im Wesentlichen einer Wohnnutzung (ca. 42.500 m² Fläche) dienen und die teilweise bis in das 7. Obergeschoss reichen. Zusätzlich zu der auf die Baufelder 6, 8, 9 verteilten Wohnnutzung ist im Baufeld 6 ein Hotel (ca. 8.500 m² Fläche) und ein Bürogebäude (ca. 7.400 m² Fläche) geplant.



*Bild 3 Aufgelockerte Bebauung oberhalb des Shopping-Centers
(Darstellung RKW Architektur + Städtebau)*

Die drei Untergeschosse dienen im Wesentlichen der Versorgung der Gebäude (Lagerräume und Anlieferungen) sowie zu einem großen Teil der Parknutzung des Shopping-Centers (erstes und zweites Untergeschoss) und der aufgehenden Bebauung (drittes Untergeschoss). Sie werden über den Tunnel der Wagenladungsstraße erschlossen. Die Einfahrt der Wagenladungsstraße befindet sich auf Höhe des Erdgeschosses 1 zwischen den Baufeldern 8 und 9. Von dort verläuft sie zunächst nach Süden, biegt in den weiteren Untergeschossen in Richtung Westen und verläuft dann parallel zum Baufeld 6. Im Osten bzw. Süd-Osten liegt am Baufeld 9 der zukünftige U-Bahnhof Londoner Straße.

Das Gebäude wird vollständig in Stahlbeton errichtet. Das Shopping-Center schließt nach oben mit einer Massivdeckenkonstruktion, der so genannten Lastverteilerplatte im 1. Obergeschoss ab. Aus Schallschutzgründen wird auf der Lastverteilerplatte die Konstruktion der aufgehenden Bebauung nicht direkt, sondern über eigene Bodenplatten entkoppelt hergestellt. Auf diesen werden die Gebäude ebenfalls in Stahlbeton errichtet. Der so entstehende Hohlraum zwischen Bodenplatte und Lastverteilerplatte wird unter anderem für Versorgungsleitungen genutzt.

Die Außenfassaden sind zum Teil als vorgehängte, hinterlüftete Natursteinfassade in Jura geplant. Aufgrund der Erschwernis eines möglichen Löschangriffes über die Innenhöfe und der Höhenlage der aufgehenden Bebauung wurden besondere Anforderungen an die Ausbildung der Fassade gestellt.

Die auf dem Shopping-Center entstehenden Innenhöfe dienen zunächst als Gärten und Spielfläche für Nutzer der Wohnbebauung, die zu diesem Zweck intensiv begrünt werden. Gleichzeitig dient die Verteilerebene aber auch der Erschließung und auch als Rettungsweg der einzelnen Gebäudeteile. Zusätzlich befinden sich auch verglaste Oberlichter des Shopping-Centers im Zentrum (Baufelder 8 und 9) bzw. den Randbereichen (Baufeld 6) der Innenhöfe.

Die Lage der aufgehenden Bebauung auf dem Shopping-Center führt zu zahlreichen komplexen Fragestellungen, vor allem im Bereich der Ver- und Entsorgung. So müssen die Versorgungsleitungen bzw. Schächte (ELT, Sanitär) der aufgehenden Bebauung durch das Shopping-Center geführt, während Lüftungs- und Entrauchungsleitungen des Shopping-Centers und der Tiefgarage durch die aufgehende Bebauung laufen müssen. In beiden Fällen geht für alle Beteiligten kostbare Mietfläche verloren, zu dem müssen beispielsweise für die Ansaugung von Druckbelüftungsanlagen oder Öffnungen zur Rauchableitung von Treppenträumen und Aufzügen Sonderlösungen entwickelt werden.

BAURECHTLICHE EINSTUFUNG UND BESONDERHEITEN

Aufgrund des abfallenden Geländes wurde in Abstimmung mit der Bauaufsichtsbehörde für die Bezugshöhe der Gebäudeeinstufung gemäß der Landesbauordnung für Baden-Württemberg (LBO, [1]) eine Bezugshöhe gewählt, die der mittleren Geländehöhe über alle Gebäudeecken entspricht. Die mittlere Geländehöhe mGOK bezogen auf die Gebäudeecken beträgt 254,07 m üNN, der Fußboden des höchsten Aufenthaltsraumes im Gesamtgebäude liegt bei 282,22 m üNN, die Gebäudehöhe gemäß LBO beträgt demnach 28,15 m.

Zunächst handelt es sich aufgrund der Gebäudehöhe um ein Gebäude der Gebäudeklasse 5, gleichzeitig aufgrund einer Höhe >22 m aber auch um ein Hochhaus kleiner als 60 m und damit um einen Sonderbau. Die Einstufung als Sonderbau ergibt sich weiterhin aufgrund einzelner Nutzungen in Teilbereichen (Hotel, Verkaufsstätte, Versammlungsstätten und Bürogebäude mit Grundflächen > 400 m²). Aufgrund seiner Höhenlage im verspringenden Gelände liegt das Geschoss mit Verkaufsflächen Erdgeschoss 1 bezogen auf die mGOK mindestens 1,40 m unter Gelände und muss daher als Kellergeschoss bewertet werden. Die Lage eines Verkaufsraumes im 1. Untergeschoss und damit unterhalb der zulässigen 4 m unter Geländehöhe im Mittel verlangte eine besondere Betrachtung der Fluchtmöglichkeiten und der Ermöglichung wirksamer Löscharbeiten.

Eine Hochhausrichtlinie zur baurechtlichen Bewertung des Gesamtgebäudes als Hochhaus ist in Baden-Württemberg nicht bauaufsichtlich eingeführt, daher

wird die Muster-Hochhausrichtlinie (MHHR, [2]) orientierend zur Bewertung der Gebäudeteile herangezogen. Die nicht eingeführte Muster-Hochhausrichtlinie bot die Möglichkeit, ein schutzzielorientiertes Gesamtbrandschutzkonzept unter Berücksichtigung der individuellen Anforderungen der einzelnen Gebäudeteile zu entwickeln.

Da aus Gebäuden oberhalb der Hochhausgrenze vor allem erschwerte Bedingungen für die Feuerwehr einerseits in der fußläufigen Erreichbarkeit der oberen Geschosse und andererseits beim Löschangriff oberhalb der maximalen Höhe von Drehleitern resultieren, ist die Erfüllung von erhöhten Anforderungen auch im vorliegenden Gebäude sinnvoll.

Erleichternd konnte mit der Bauaufsichtsbehörde und der Feuerwehr Stuttgart abgestimmt werden, dass aufgrund der Bauweise der aufgehenden Bebauung die Anforderungen der MHHR grundsätzlich nur für die Gebäudeteile umgesetzt werden, bei denen die Brandbekämpfung und Personenrettung aufgrund der Höhenlage > 22 m über den möglichen Stellflächen für die Feuerwehr (Eingangsebene öffentliches Straßenland) erschwert sind. Die hohen Anforderungen der MHHR mussten in den tieferliegenden Geschossen nur zum Teil umgesetzt werden. Als Kriterium für die Einstufung eines Gebäudeteiles als Hochhaus wurde eine Methode angewandt, die in älteren Landesbauordnungen in Baden-Württemberg gültig war. Gemäß § 2 der Landesbauordnung Baden-Württemberg bzw. der Kommentierung zur Landesbauordnung 2008 [3] waren bis zur Novellierung der Bauordnung 2011 Hochhäuser Gebäude, bei denen der Fußboden mindestens eines Aufenthaltsraumes mehr als 22 m über der für das Aufstellen von Feuerwehrfahrzeugen notwendigen Fläche lag. Die erhöhten Anforderungen der MHHR wurden daher für die Gebäudeteile oberhalb des 1. Obergeschosses nur dann umgesetzt, wenn der Fußboden des obersten Geschosses mehr als 22 m oberhalb des Einganges in das Gebäude vom öffentlichen Straßenland liegt.

Diese differenzierte Betrachtung der einzelnen Teile des Gebäudes war möglich, da die aufgehende Bebauung brandschutz- und erschließungstechnisch von der Verkaufsstätte getrennt und sich oberhalb des 1. Obergeschosses in einzelne Baukörper mit einem gegenseitigen Abstand von mehr als 5 m untergliedert und die Gebäudeteile durch äußere Brandwände voneinander getrennt sind.

Bei der Tiefgarage handelt es sich entsprechend der Garagenverordnung (GaVO, [4]) um eine unterirdische Großgarage. Für die Hotelnutzung der aufgehenden Bebauung wird in Absprache mit der Bauaufsichtsbehörde die Muster-Beherbergungsstättenverordnung (MBeVO, [5]) angewandt.

Die Verkaufsstätte wird grundsätzlich gemäß der Verkaufsstättenverordnung (VkVO, [6]) bewertet. Aufgrund der ggf. von der typischen Nutzung einer Verkaufsstätte abweichenden Nutzung in Teilbereichen des Gebäudes (Food-Court in Baufeld 8, Gastro-Bereiche und Event-Flächen in Baufeld 6 und Baufeld 9) mit einer potenziell höheren Personenzahl waren darüber hinaus eine Ein-

stufung als Versammlungsstätte und eine Bewertung von Teilbereichen gemäß der Versammlungsstättenverordnung (VStättVO, [7]) erforderlich.

Vor dem Hintergrund der hinsichtlich ihrer Anforderungen an Rettungswege und Bauteile nicht konsistenten Sonderbauverordnungen für Verkaufs- und Versammlungsstätten (z. B. Anforderung an Rettungswegbreiten, geschossweise vs. Gesamtbetrachtung des Personenstroms) war auch in diesem Bereich eine Sonderlösung erforderlich. Aufgrund der überwiegenden Verkaufsnutzung erfolgt keine Bewertung des Gesamtgebäudes als Versammlungsstätte. Es werden die wesentlichen Anforderungen an die Rettungswege und die anlagentechnische Ausstattung der VStättVO in den Teilbereichen erfüllt, aber darüber hinaus für die als Versammlungsstätte zu bewertenden Bereiche und Teilflächen Erleichterungen gegenüber den Anforderungen der VStättVO in Anspruch genommen.

Ein Bereich oder Raum wurde als Versammlungsraum angesehen, wenn er in Abhängigkeit der zu erwartenden Nutzung (Sitz- oder Stehplätze, d. h. 1 Pers./m² bzw. 2 Pers./m²) und den Personenschlüsseln gemäß § 1 VStättVO mehr als 200 Besucher fassen kann oder mehrere Räume eines Bereiches zusammen diese Personenzahl überschreiten und sie gemeinsame Rettungswege haben. Die zu berücksichtigende Personenzahl ergibt sich nur über die für Besucher begehbare Fläche, im Bereich der Mall (Event-Flächen, Food-Court) wird vereinfachend nur die genutzte und temporär baulich abgetrennte Fläche hinsichtlich der Dimensionierung der Personenzahl nach VStättVO angesetzt, die Verkehrsfläche der Mall wird nicht als Versammlungsbereich angesehen. Um zusätzlich auch im Geschossnachweis der VkVO eine erhöhte Personenzahl zu berücksichtigen, wurden die auf der Mall geplanten Event-Flächen abweichend von den Anforderungen wie Verkaufsflächen behandelt, um so ein gewisses Vorhaltemaß bei der erforderlichen Rettungswegbreite im Geschoss zu gewährleisten.

In Abstimmung mit der Bauaufsichtsbehörde müssen aber Veranstaltungen, die in der erwarteten Personenzahl über diese Flächen und Personenzahlen hinausgehen im Rahmen von Bauanträgen genehmigt werden.

Die verschiedenen als Versammlungsstätte zu bewertenden Bereiche konnten im Gesamtgebäude mit Ausnahme des Food-Courts als unabhängig voneinander betrachtet werden, da sie jeweils voneinander unabhängige Rettungswege aufweisen und sich auch in unterschiedlichen Geschossen bzw. Brandabschnitten befinden.

ABWEHRENDER BRANDSCHUTZ

Die Zugänge zum Gebäude befinden sich teilweise mehr als 50 m vom öffentlichen Straßenland entfernt, sodass der Erreichbarkeit der verschiedenen Teile des Gebäudes eine besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden musste.

Bild 4 zeigt einen Lageplan des Gebäudekomplexes, auf dem die Eingänge zum Gebäude gekennzeichnet sind.

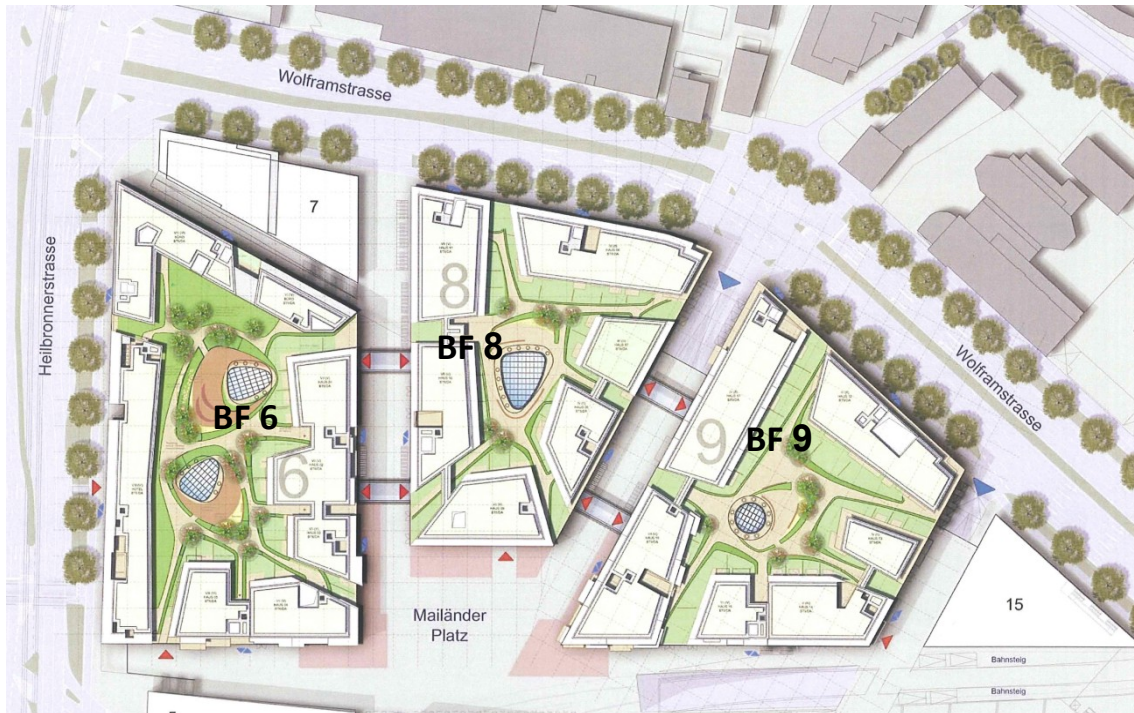


Bild 4 *Lageplan des Gebäudekomplexes mit Kennzeichnung der Baufelder*
[Quelle BHG]

Die einzelnen Baufelder können grundsätzlich entweder vom öffentlichen Straßenland der Heilbronner Straße und der Wolframstraße oder über den Mailänder Platz über entsprechend den Anforderungen ausgebildete Zuwegungen erreicht werden. In den Gebäudefugen zwischen Baufeld 6 und Baufeld 8 sowie Baufeld 8 und Baufeld 9 und auf der Rückseite von Baufeld 9 wurden in unmittelbarer Nähe der wesentlichen Gebäudezugänge zusätzlich Bewegungsflächen für die Feuerwehr geplant. Die Befahrbarkeit des Mailänder Platzes für Feuerwehrfahrzeuge entsprechend den Anforderungen der Richtlinien über Flächen für die Feuerwehr [8] wird gewährleistet, sodass die Erreichbarkeit der Gebäudeeingänge für Rettungs- und Feuerwehrfahrzeuge auf kurzem Wege gegeben ist. Die Feuerwehr in Stuttgart fordert über die Richtlinien über Flächen für die Feuerwehr hinaus die Herstellung von so genannten Feuergassen, die im öffentlichen Straßenland liegen und breiter als übliche Zufahrten und frei von Einbauten sein müssen. So soll in Innenstadtlagen, die potenziell auch von einer großen Personenzahl begangen werden, der Feuerwehreinsatz bei gleichzeitiger Entfluchtung gewährleistet werden. Dies wurde so umgesetzt.

Bis zu der aufgehenden Bebauung handelt es sich aus brandschutztechnischer Sicht um eine herkömmliche große Verkaufsstätte. Die Lage der Wohnungen sowie des Hotels und des Büros auf der Verkaufsstätte macht es aus Sicht des abwehrenden Brandschutzes noch anspruchsvoller, da der Löschangriff in potenziell großer Höhe vorgetragen werden muss und beispielsweise bei einem

Brand im Gebäude auf der Seite der Innenhöfe die Löschmaßnahmen erschwert werden.

Um das Schutzziel „Ermöglichung wirksamer Löscharbeiten“ zu gewährleisten, wurden im Konsens mit der Feuerwehr und der Bauaufsichtsbehörde verschiedene Maßnahmen vorgesehen:

- Jedes Baufeld verfügt über zwei Feuerwehraufzüge in Gebäuden, die als Hochhaus zu bewerten sind, und über die die Dachfläche und die Gebäude vom öffentlichen Straßenland aus erreicht werden können. Der Feuerwehraufzug muss aus den Teilen der aufgehenden Bebauung innerhalb von 50 m erreicht werden können. Die Feuerwehraufzüge sind mit einer Druckbelüftungsanlage ausgestattet.
- Es wurden in Anlehnung an die MHHR besondere Anforderungen an die Materialien in der Fassade gestellt
- Zur Ermöglichung wirksamer Löscharbeiten in der aufgehenden Bebauung sind in jedem Baufeld auf Höhe des 2. Obergeschosses zwei Entnahmestellen (Wandhydranten Typ F) an nassen Steigleitungen in der Nähe der Gebäudezugänge erforderlich. Dadurch soll es möglich sein, einen Außenangriff auf der Dachfläche mit zwei Strahlrohren vorzunehmen.
- In der Nähe der Treppenräume der einzelnen Gebäude in der aufgehenden Bebauung werden in jedem Geschoss nasse Steigleitungen mit entsprechenden Entnahmestellen vorgesehen.

RETTUNGSWEGE

Die Rettungswege werden in allen Gebäudeteilen baulich sichergestellt. Die Rettungswege des Shopping-Centers und der aufgehenden Bebauung sind darüber hinaus vollständig unabhängig voneinander.

Die Treppenraumkerne der Bebauung oberhalb des Shopping-Centers führen bis in die Tiefgarage, in der jeweiligen Ausgangsebene sind die Treppenläufe jedoch getrennt. Das Shopping-Center wird aus der Tiefgarage durch eigene Treppenräume erschlossen, die jedoch nicht für die Entfluchtung der Tiefgarage herangezogen werden. Die Trennung der Erschließung der oberirdischen Geschosse voneinander hat einerseits privatrechtliche Gründe (Nutzbarkeit der Treppenräume ohne Einschränkung bei geschlossenem Center, Hotel- und wohnungsspezifische Eingangsbereiche der Treppenräume) andererseits können durch die Trennung die unterschiedlichen Anforderungen der jeweiligen Bauvorschriften (LBO/LBOAVO [9], VKVO und MHHR) besser umgesetzt werden.

Aufgrund der begrenzt zur Verfügung stehenden Fläche für Treppenräume bis auf die Ausgangsebene durch das Shopping-Center war für die Gewährleistung von zwei unabhängigen Rettungswegen der aufgehenden Bebauung ein besonderes Konzept erforderlich. Aus jedem einzelnen Gebäude der aufgehenden

Bebauung führt ein notwendiger Treppenraum bis auf die jeweilige Ausgangsebene. Da jedoch die Lastverteilerebene bei einem ausreichenden Abstand vom brennenden Gebäude als sicherer Bereich angesehen werden kann, konnte mit der Bauaufsichtsbehörde und der Feuerwehr abgestimmt werden, dass weitere notwendige Treppenräume der Gebäudeteile nur bis auf diese Ebene führen können. Von den Ausgängen dieser Treppenräume können die Eingänge in die Treppenräume der anderen Gebäudeteile der aufgehenden Bebauung und von dort die jeweilige Ausgangsebene sicher erreicht werden. Der Zugang in diese Treppenräume wird organisatorisch sichergestellt.

Von der Ausgangsebene führen Wege u. a. in den Gebäudefugen zwischen den Baufeldern 6 und 8 sowie 8 und 9 in das umgebene öffentliche Straßenland und den Mailänder Platz. Das Alarmierungskonzept des Shopping-Centers wurde so geplant, dass im Brandfall durch die Feuerwehr zunächst eine baufeldweise Evakuierung vorgenommen wird, damit nicht gleichzeitig eine zu große Personenzahl die ca. 16 m breiten Gebäudefugen nutzen muss. Ein gesicherter Abfluss der Personen bis in das öffentliche Straßenland kann dadurch gewährleistet werden.

BESONDERHEITEN DES BAULICHEN BRANDSCHUTZES

Das Gebäude wird entsprechend der Anforderungen in Brandabschnitte unterteilt. Da die Anforderungen der verschiedenen anzuwendenden Bauvorschriften an die Ausbildung von Brandabschnitten sich stark unterscheiden, werden diese für die einzelnen Nutzungen erfüllt, die durch die feuerbeständigen Decken voneinander getrennt sind. Weiterhin soll einem Brandüberschlag zwischen den erheblich größeren Brandabschnitten des Shopping-Centers und den kleineren Brandabschnitten der aufgehenden Bebauung durch die flächendeckende automatische Löschanlage und die Einhaltung eines mindestens 5 m betragenden Abstandes der aufgehenden Bebauung von den Lichtkuppeln des Shopping-Centers vorgebeugt werden. Die Treppenräume der aufgehenden Bebauung, die durch das Shopping-Center verlaufen, werden durch Brandwände von diesem abgetrennt.

Im Bereich der Untergeschosse ist die Herstellung von Brandabschnitten im Bereich der Garage gemäß den Vorschriften nicht erforderlich. Die durch das Gebäude verlaufende Wagenladungsstraße ist allerdings durch Brandwände abgetrennt, die aufgrund der als Bemessungsbrand anzusetzenden RABT-Tunnelbrandkurve [10] auf der Innenseite zusätzlich eine Bekleidung mit einem Brandschutzsystem erhalten, sodass insgesamt ein hochfeuerbeständiger Feuerwiderstand erreicht wird. Diese Anforderungen sind auch für die Feuerabschlüsse zwischen Wagenladungsstraße und Tiefgarage des Shopping-Centers einzuhalten.

In der aufgehenden Bebauung wurden die erhöhten baulichen Anforderungen der MHHR bzw. die Erleichterungen für Hochhäuser in Zellenbauweise für die Gebäudebereiche umgesetzt, die ausgehend von der Ausgangsebene bis zum

obersten Geschoss mit Aufenthaltsräumen über der Hochhausgrenze liegen. Die übrigen Gebäudeteile wurden entsprechend den Anforderungen der LBO bzw. LBOAVO geplant. Aufgrund der besonderen Lage oberhalb des Shopping-Centers werden hinsichtlich der zu verwendenden Materialien zur Ermöglichung wirksamer Löscharbeiten im Bereich der Fassade für alle Gebäude die gleichen hohen Anforderungen der MHHR umgesetzt (Einsatz nichtbrennbarer Baustoffe erforderlich).

Neben einem ansprechenden äußeren Umfeld eines Einkaufszentrums bzw. Wohnquartiers werden, um dem Kunden ein besonderes Erlebnis zu bieten, auch erhöhte Anforderungen an die Ausstattung von Verkaufsstätten im Innenraum, d. h. der Malls und Erschließungsflächen gestellt. Häufig stehen diese besonderen Gestaltungsansprüche im Widerspruch zu den gesetzlichen Vorschriften, die z. B. für Ladenstraßen nichtbrennbare Wandverkleidungen und Dämmstoffe fordern. Da viele der besonderen Gestaltungswünsche häufig den Einsatz von Kunststoffen in Form von Folien oder Verkleidungen bedeuten, sind unter Berücksichtigung des Einzelfalles und einer individuellen Bewertung Sonderlösungen erforderlich. Im vorliegenden Gebäude betraf dies vor allem großflächige, dünne bedruckte Folien im Bereich von Wänden und Brüstungen (siehe Bild 2), einzelne größere Leuchten mit einer Bekleidung aus Folien und die im Baufeld 9 befindliche Lichtdecke (Bild 5), bei der an einem Stahlnetz zahlreiche Leuchtdioden befestigt werden sollen, um Muster oder Figuren an die Decke zu projizieren. Speziell diese Lichtdecke bedurfte einer besonderen Bewertung, da sie aufgrund der großflächigen Verteilung von Kabelmaterialien im Dachbereich der Ladenstraße den Anforderungen der VKVO entgegenstand. Unter Berücksichtigung der im Dachbereich vorhandenen Sprinkleranlage, einer Reduktion der Auslösetemperatur der Sprinklerköpfe sowie der auf die Fläche bezogen recht geringen Menge an Brandlast konnte dem System seitens der Bauaufsicht und der Feuerwehr zugestimmt werden.



Bild 5 Lichtdecke über dem Lichthof in Baufeld 9 [Quelle ECE]

Auch für alle weiteren Fälle mit besonderen Anforderungen konnten unter Berücksichtigung der anlagentechnischen Ausstattung des Gebäudes, der Einhal-

tung von bestimmten Abständen zu anderen brennbaren Objekten und Zündquellen oder einer genauen Bewertung der Menge der möglicherweise vorhandenen brennbaren Stoffe und des Risikopotentials für alle Seiten tragbare Kompromisse gefunden werden. Teilweise sind aber auch weitere Nachweise, etwa zur Überprüfung des brennbaren Abtropfens von Kabelmaterialien, zu führen, bevor die Produkte im Gebäude eingesetzt werden können.

ANLAGENTECHNISCHER BRANDSCHUTZ

Der Gebäudekomplex wird grundsätzlich mit einer anlagentechnischen Ausstattung versehen, die sich an den Anforderungen der jeweiligen (Sonder-) Bauvorschrift orientiert.

Die Tiefgarage und die Verkaufsstätte werden entsprechend der Anforderungen mit einer flächendeckenden automatischen Löschanlage gemäß VdS CEA 4001 [11] ausgestattet. Einen Sonderfall stellt in diesem Zusammenhang das Hotel dar, das entgegen der Anforderungen der Muster-Beherbergungsstättenverordnung auf Wunsch des Betreibers ebenfalls mit einer entsprechenden Löschtechnik ausgestattet wird. Die übrige anlagentechnische Ausstattung in der aufgehenden Bebauung entspricht den Anforderungen; neben einer automatischen Brandmeldeanlage im Hotel werden lediglich in als Hochhaus zu bewertenden Bereichen ohne notwendige Flure Rauchwarnmelder und in Bereichen mit einer Überschreitung der zulässigen Größe von Nutzungseinheiten zusätzlich eine interne Alarmierung vorgesehen. Weiterhin sind Rauchmelder in notwendigen Fluren der als Hochhaus zu bewertenden Teile zur Steuerung der Druckbelüftungsanlage der Feuerwehraufzüge erforderlich.

Hinsichtlich der anlagentechnischen Ausstattung sind bei der Verkaufsstätte in einzelnen Bereichen zugleich Anforderungen an eine Versammlungsstätte zu berücksichtigen. Die VkVO fordert für Einkaufszentren nur im Bereich der Ladenstraße, über die Rettungswege geführt werden, Rauchmelder zur Auslösung der Rauchabzugsanlage. Dagegen wäre nach der VStättVO im gesamten Gebäude eine flächendeckende Brandmeldeanlage erforderlich. Ähnlich verhält es sich mit der Alarmierungsanlage: Während die Verkaufsstätte nur über eine Alarmierungsanlage verfügen muss, ist für eine Versammlungsstätten ggf. eine automatische Alarmierungsanlage erforderlich. Aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen und der Vermischung der Bereiche wurde für das Gebäude ein individuelles Brandmelde- und Alarmierungskonzept erarbeitet und zur Genehmigung gebracht. Dabei konnte zwischen den weitestgehend autarken und von der Verkaufsstätte unabhängigen Gastronomiebereichen und den Event-Flächen und dem Food-Court innerhalb der Verkaufsstätte unterschieden werden. Im erstgenannten Fall werden im Wesentlichen die Anforderungen der VStättVO umgesetzt. In den auch als Versammlungsstätte zu bewertenden Bereichen ist dagegen folgendes Konzept geplant:

- Automatische Rauchmelder alle 200 m² im Bereich der überdeckelten Ladenstraße (ohne Eventflächen),

- Automatische Rauchmelder innerhalb von Einbauten in den Lichthöfen / Event-Flächen,
- Linearrauchmelder in den Lichthöfen / Atrien, in denen sich die als Versammlungsstätte genutzten Eventflächen ($< 1.000 \text{ m}^2$) befinden
- Automatische Rauchmelder im Food-Court ($> 1.000 \text{ m}^2$) in einem gegenüber der übrigen Ladenstraße verringerten Abstand gemäß DIN VDE 0833 [12] in überdeckelten Bereiche. Überwachung der an den Food-Court grenzenden Shops mit einem Rauchmelder / 200 m^2

Die Auslösung der Linearmelder hat zunächst die Auslösung der Rauchabzugsanlage des jeweiligen Lichthofes zur Folge. Wegen möglicher Fehlalarme (z. B. durch Luftballone) erfolgt die Ansteuerung der Übertragungseinrichtung erst mit einer zusätzlichen Auslösung eines Rauchmelders. Die Selbsthilfekräfte und das Center-Management werden bereits bei Auslösung eines Linearmelders oder eines Rauchmelders alarmiert. Eine Alarmierung der Besucher und Mitarbeiter des Centers erfolgt grundsätzlich nicht automatisch, sondern kann durch die Feuerwehr oder die Selbsthilfekräfte ausgelöst werden.

Die Vermischung von Verkaufs- und Versammlungsstätte führte auch zu einem besonderen Entrauchungskonzept. Aufgrund der Lage von als Versammlungsraum zu bewertenden Bereichen war der Nachweis einer raucharmen Schicht von 2,50 m Höhe erforderlich. Diese Anforderung steht in starkem Gegensatz zu den Anforderungen der VkVO, die für die Inanspruchnahme der Rettungswegverlängerung über die Ladenstraße lediglich das Vorhandensein einer Rauchabzugsanlage fordert. Da in modernen Verkaufsstätten grundsätzlich mit vergleichbaren Bereichen gerechnet werden muss, in der täglichen Nutzung keine Versammlungen im Sinne der VStättVO stattfinden und anders als in einer Versammlungsstätte durch die Ladenstraßen in der Regel sehr breite Rettungswege zur Verfügung stehen, die häufig auch mehrere Fluchrichtungen aufweisen, konnte in Abstimmung mit der Bauaufsicht und der Feuerwehr der Nachweiszeitraum verkürzt werden. Als zusätzliche Sicherheitsmaßnahme wurden Rauchschürzen angeordnet, die vor den Eingängen in die Treppenträume länger raucharme Bereiche schaffen.

Als Leistung der Entrauchungsanlage für die dreigeschossigen Bauteile sind Entrauchungsventilatoren mit einer Leistung von je $300.000 \text{ m}^3/\text{h}$ vorgesehen. Zusätzlich werden die durch die Rauchschürzen abgetrennten Mallarme mit einem 10-fachen Luftwechsel entraucht. Die Zuluft strömt teilweise über die Eingänge des Gebäudes, teilweise über die Nachbarbauteile nach. Zur Reduktion der Zuluftgeschwindigkeit an den Gebäudeeingängen werden zusätzlich in jedem Baufeld im Fußbodenbereich der Lichthöfe (auf Höhe Erdgeschoss 1) je $60.000 \text{ m}^3/\text{h}$ Zuluft eingebracht.

Der Entrauchungsnachweis erfolgte mit dem CFD-Modell FDS für jedes Baufeld getrennt, wobei Annahmen über die aus anderen Baufeldern einströmende Zuluft getroffen werden mussten.

Den Entrauchungssimulationen lagen Brandszenarien am Fußpunkt der Lichthöfe, die teilweise ungünstig unterhalb von Einbauten positioniert wurden, zu Grunde. Wegen der Lage in den Lichthöfen und der Höhe der Sprinklerebene über dem Brandherd konnten die Sprinkleranlagen bei der Festlegung der Wärmefreisetzungsrate nicht berücksichtigt werden, sodass sich insgesamt ein sehr konservatives Entrauchungsszenario ergibt. Dennoch konnten die erforderlichen Schutzziele über den vereinbarten Nachweiszeitraum nachgewiesen werden.

Zu Beginn der Planungsphase war vorgesehen, die entstehenden Rauchgasmengen über Kanäle durch die aufgehende Bebauung über Dach abzuführen. Im Zuge einer Optimierung der Planung konnte zwischen den Projektpartnern vereinbart werden, dass auch die Innenhöfe der Wohnbebauung für eine direkte Rauchabführung genutzt werden können. Bauordnungsrechtlich bestanden gegen diese Vorgehensweise keine Bedenken, da für alle hier angrenzenden Gebäude ein unabhängiger Rettungsweg zur Verfügung steht und auch die Dachfläche in verschiedene Richtungen verlassen werden kann. Darüber hinaus ist diese Situation identisch mit Brandereignissen in Gebäuden, die aus einer Sockelbebauung und darauf aufgehenden Bauteilen bestehen. Unter wirtschaftlichen Aspekten ist diese Lösung günstiger, da erhebliche Schachtquerschnitte eingespart werden konnten.

ZUSAMMENFASSUNG

Dieser Beitrag zeigt einige Besonderheiten des schutzzielorientierten Brandschutzkonzeptes für das Bauvorhaben MILANEO in Stuttgart auf. Schwerpunkte sind die besondere bauordnungsrechtliche Einstufung aufgrund der Lage von Teilen der aufgehenden Bebauung im Hochhausbereich sowie die Konsequenzen aus der Forderung, einige Bereiche der Verkaufsstätte als Versammlungsstätte ansehen zu müssen.

LITERATUR

- [1] LBO, Landesbauordnung für Baden-Württemberg, 08/1995, zuletzt geändert am 12/2009
- [2] MHHR Muster-Richtlinie über den Bau und Betrieb von Hochhäusern (Muster-Hochhaus-Richtlinie), Arge-Bau, 04/2008
- [3] Kommentierung der LBO Baden Württemberg, Stand 2008
- [4] GaVO, Verordnung des Wirtschaftsministeriums Baden-Württemberg über Garagen und Stellplätze, 07/1997, zuletzt geändert am 01/2011
- [5] MBeVO, Muster-Beherbergungsstättenverordnung (MBeVO), Arge-Bau, 12/2000
- [6] VkVO, Verordnung des Wirtschaftsministeriums Baden-Württemberg über Garagen und Stellplätze, 07/1997, zuletzt geändert am 01/2011

- [7] VStättVO, Verordnung des Wirtschaftsministeriums Baden-Württemberg über den Bau und Betrieb von Versammlungsstätten, 04/2004, zuletzt geändert am 01/2011
- [8] VwV Feuerwehrflächen, Verwaltungsvorschrift des Innenministeriums Baden-Württemberg über Flächen für Rettungsgeräte der Feuerwehr auf Grundstücken, 12/2004
- [9] LBOAVO, Allgemeine Ausführungsverordnung des Wirtschaftsministeriums Baden-Württemberg zur Landesbauordnung, 02/2010
- [10] Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen / Arbeitsausschuss Ausstattung und Betrieb von Straßentunneln. - Köln : FGSV-Verl., 2006
- [11] VdS CEA 4001, Sprinkleranlage (Einbau und Planung), VdS, 11/2010
- [12] DIN VDE 0833 - Gefahrenmeldeanlagen für Brand, Einbruch und Überfall; Teile 1-4, 06/2009

FESTLEGUNG VON BRANDSCHUTZMASSNAHMEN AUS SICHT DES ARBEITSSCHUTZES

Torsten Wolf, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund

EINLEITUNG

Brandschutzmaßnahmen sind ein wesentlicher Bestandteil des Baurechts. Aber auch das Arbeitsschutzrecht hat das Ziel, Personen zu schützen. Dabei ist der Brandfall nicht ausgenommen. Allerdings unterscheidet sich die Herangehensweise im Detail. Dabei können sich die beiden Rechtsbereiche optimal ergänzen. Voraussetzung ist jedoch die Kenntnis des jeweils anderen Bereiches.

VERKNÜPFUNGEN ZWISCHEN BRANDSCHUTZ UND ARBEITSSCHUTZ

Arbeitsschutzrechts als Grundlage für traditionelle Brandschutzmaßnahmen

Schon immer waren Arbeitsschutzvorschriften die Quelle für Anforderungen z. B. in Baugenehmigungen. Ein Klassiker ist die Forderung der nach außen aufschlagenden Fluchttür, die nicht verschlossen werden darf. Auch die Bemessung des Feuerlöscherbedarfs oder die Verkürzung von Fluchtwegen ergeben sich aus dem Arbeitsschutzrecht. Die hier einschlägige Arbeitsstättenverordnung könnte nach dem Inhalt ebenso eine Sonderbauverordnung sein.

Für spezielle Nutzungen sind ebenso Anforderungen an die Feuerwiderstandsdauer und andere bauliche Details in den Arbeitsschutzvorschriften enthalten. So fordert die TRGS 510 (früher analog in der VbF/TRbF 20 und TRG 280/300) Feuerwiderstandsdauern für die Lagerung von Stoffen.

Explosionsschutz

Unstrittig im Arbeitsschutzrecht angesiedelt ist der Explosionsschutz. Aus Sicht des Arbeitsschutzes sind Brand- und Explosionsschutz ein Komplex, da dieselben Ereignisse oft zu Brand oder Explosion führen. Auf der anderen Seite zieht eine Explosion oft einen Folgebrand nach sich. Explosionsschutzvorschriften finden sich aber vorrangig im Arbeitsschutzrecht (GefStoffV, BetrSichV, TRBS; TRGS, ...) [1].

Brand und Arbeitsschutzrecht

Die Verknüpfung von Arbeitsschutzrecht und Brandschutzmaßnahmen ist aber nicht nur über das Ziel Beschäftigte zu schützen allgemein gegeben.

Betrachtet man die drei wesentlichen Voraussetzungen für einen Brand (brennbarer Stoff, Sauerstoff, effektive Zündquelle), dann sind genau diese drei Faktoren durch klassische Arbeitsschutzverordnungen adressiert.

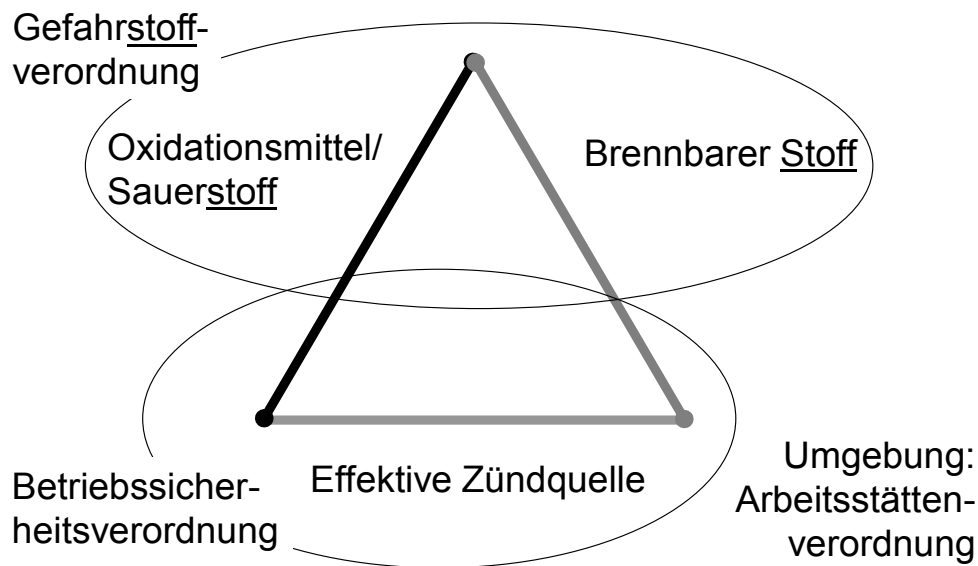


Bild 1 Zuordnung der Arbeitsschutzvorschriften zum Feuertriader nach Emmons, modifiziert nach [2]

Brennbare Stoffe (nicht aber Baustoffe) im betrieblichen Alltag und Sauerstoff/Oxidationsmittel sind Gefahrstoffe, die von der Gefahrstoffverordnung [3] erfasst werden. Aber auch die Zündquellen sind weitgehend durch die Verwendung von Arbeitsmitteln bedingt, deren Einsatz von der Betriebssicherheitsverordnung geregelt wird (siehe Bild 1).

FESTLEGUNG VON BRANDSCHUTZMAßNAHMEN IM ARBEITSSCHUTZ

Im Gegensatz zum Baurecht kennt das Arbeitsschutzrecht Genehmigungsverfahren nur in wenigen Fällen. Darüber hinaus werden in den Vorschriften oft nur Schutzziele und Vorgehensweise festgelegt, nicht aber detaillierte Einzelmaßnahmen. Daher werden die von Arbeitgebern umzusetzen Maßnahmen im Rahmen einer sogenannten Gefährdungsbeurteilung festgelegt.

Gefährdungsbeurteilung als Instrument

Die Beurteilung der Arbeitsbedingungen zur Festlegung von Maßnahmen wird in vielen Arbeitsschutzvorschriften gefordert. Sie ist vom Arbeitgeber vor Beginn einer Tätigkeit durchzuführen und besteht aus den folgenden Schritten [4,5] (siehe Bild 2):

- a) Informationsermittlung
- b) Bewertung
- c) Festlegung von Maßnahmen
- d) Überprüfen der Wirksamkeit
- e) Dokumentation

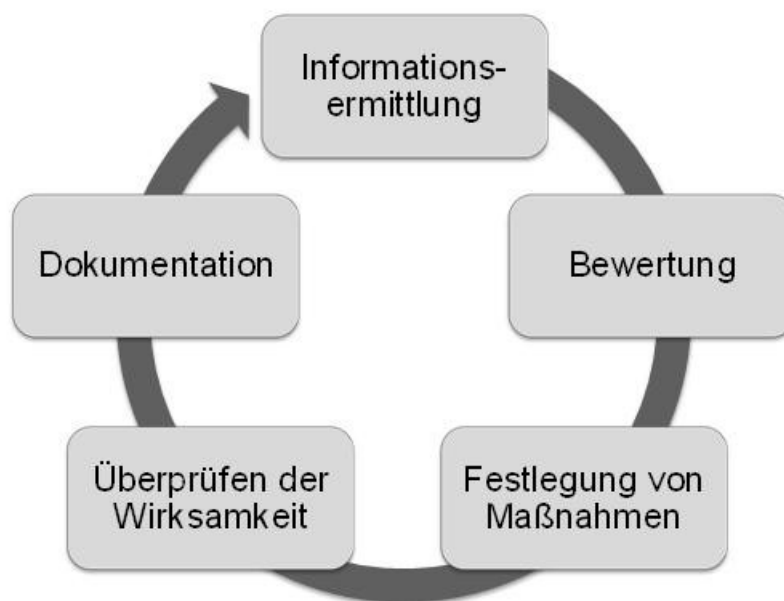


Bild 2: Regelkreis für die Durchführung der Gefährdungsbeurteilung nach [4]

Zu den Gefährdungsfaktoren, die betrachtet werden müssen, gehören auch die Brand- und Explosionsgefahren. Die Faktoren können zwar getrennt betrachtet werden, die Ergebnisse müssen jedoch am Ende zu einer einheitlichen Beurteilung zusammengeführt werden.

Vorgaben zum Vorgehen und zum Schutzniveau sind in den Vorschriften und Technischen Regeln enthalten. Soweit Technische Regeln konkrete Schutzmaßnahmen vorgeben, muss der Arbeitgeber diese umsetzen, es sei denn er legt individuelle Maßnahmen mit gleicher Schutzwirkung fest. Aber auch wenn es keine konkreten Schutzmaßnahmenvorgaben in Technischen Regeln gibt, muss er für bestehende Gefährdungen ermitteln, welche erforderlich sind.

Wenn also in der TRGS 510 (früher TRGS 514) nur Regelungen zur Lagerung giftiger Stoffe in ortsbeweglichen Behältern geregelt sind, kann daraus nicht geschlossen werden, dass bei der Lagerung in Tanks keine Maßnahmen erforderlich sind. Diese müssen vielmehr selbst ermittelt werden, anhand des in der TRGS 510 indirekt beschriebenen Niveaus [6].

Wenn ein Arbeitgeber bei der Gefährdungsbeurteilung individuelle Schutzmaßnahmen ermittelt hat, dann muss er diese auch umsetzen.

Das Verfahren für die Festlegung von Brandschutzmaßnahmen ist in der gleichnamigen Technischen Regel für Gefahrstoffe „Brandschutzmaßnahmen“ (TRGS 800) [4] festgelegt [7].

Mindest-Brandschutzmaßnahmen

Unabhängig von der konkreten Gefährdung sind aus Arbeitsschutzsicht folgende Mindestmaßnahmen erforderlich:

- Zündquellenminimierung nach Produktsicherheitsgesetz und Betriebssicherheitsverordnung
- Feuerwiderstand nach Baurecht
- Fluchtwege nach Baurecht und Arbeitsstättenverordnung
- Entstehungsbrandbekämpfung nach Arbeitsstättenverordnung
- Organisatorische Maßnahmen nach Arbeitsschutzgesetz (Brandschutzhelfer, Räumung)

Auf diese Mindestmaßnahmen kann in der Regel auch nicht im Rahmen der Beurteilung verzichtet werden, wenn eine Gefährdung ausgeschlossen wird. Es können lediglich alternative, sicherheitstechnisch jedoch gleichwertige Maßnahmen ergriffen werden.

Standardisierte Arbeitsverfahren

Teilweise existieren Handlungshilfen, welche die sicherheitstechnischen Anforderungen aus Arbeitsschutzsicht an bestimmte Tätigkeiten umfassend festlegen und somit auch Brandschutzanforderungen ausreichend abdecken. Eine solche Handlungshilfe ist z. B. die BGI 725 „Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz in Schreinereien/Tischlereien“ [8]. Aber auch die VdS 2029 „Holz bearbeitende und verarbeitende Betriebe“ [9] ist hinsichtlich des Brandschutzes ein Beispiel. Letztendlich ist die Eignung anhand der Kriterien in Anhang 2 der TRGS 400 [10] zu prüfen. Es ist wünschenswert, dass diese Handlungshilfen die Berücksichtigung der TRGS 800 selbst bestätigen.

SCHRITTE ZUR BEURTEILUNG DER BRANDGEFÄHRDUNGEN

Wenn die Mindestmaßnahmen nicht ausreichend sind und sich die Brandschutzmaßnahmen nicht aus Handlungshilfen ergeben, dann muss der Arbeitgeber die notwendigen Schutzmaßnahmen im Einzelfall festlegen.

Informationsermittlung

Zunächst sind die eingesetzten brennbaren Gefahrstoffe zu ermitteln. Die Ermittlung orientiert sich im Gegensatz zum Brandschutz an den betrieblichen Tätigkeiten. Dabei sind alle Betriebszustände zu berücksichtigen. Die notwendigen sicherheitstechnischen Kenngrößen ergeben sich in der Regel ausreichend aus dem Sicherheitsdatenblatt.

Neben den Stoffen sind die möglichen Zündquellen zu ermitteln. Die Liste der möglichen Zündquellen in der Anlage 2 der TRGS 800 gibt dafür einen Anhalt.

Natürlich ist auch die (bau-)rechtliche Genehmigungssituation einschließlich des Brandschutzkonzeptes zu berücksichtigen.

Tabelle 1 Bewertung der Brandgefährdung

Merkmal	Brandgefährdung		
	Gering	Erhöht	Hoch
Gefahrstoffmenge	Gering	Mindestens ein Merkmal hoch	In der Regel mindestens zwei Merkmale hoch
Wahrscheinlichkeit der Brandentstehung	Gering		
Geschwindigkeit der Brandausbreitung sowie Gefährdung durch Rauch oder Wärme	Gering		
Beispiel	Büro	Spritzstand	Petrochemische Anlage

Beurteilung der Brandgefährdung

Die gesammelten Informationen über die Gefahrstoffe, die Zündquellen und die Umgebung sind dann zu beurteilen. Dabei ist das Vorkommen der Gefahrstoffe unter Berücksichtigung der sicherheitstechnischen Kennwerte zu berücksichtigen.

Entsprechend der Ausprägung der Merkmale

- Gefahrstoffmenge
- Wahrscheinlichkeit der Brandentstehung (Zündquellen)
- Geschwindigkeit der Brandausbreitung sowie Gefährdung durch Rauch oder Wärme (bauliche Umgebung)

kann die Brandgefährdung unter Berücksichtigung der Tabelle 1 in eine der drei Kategorien normal, erhöht oder hoch eingestuft werden. Damit ist das notwendige Niveau der zu wählenden Schutzmaßnahmen definiert.

Ergänzend zu den Brandgefahren sind Explosionsgefahren nach den besonderen Vorgaben der TRGS 721 [11] zu beurteilen. Diese Beurteilung ist zwar nach eigenen Vorgaben durchzuführen, die Ergebnisse sind aber in der Gefährdungsbeurteilung zusammenzuführen, zumal sich die abgeleiteten Maßnahmen gegenseitig ergänzen oder beeinflussen können.

Festlegung der Schutzmaßnahmen im Einzelfall

Wenn das notwendige Schutzniveau festgelegt wurde dann müssen die Schutzmaßnahmen ermittelt werden. Die TRGS 800 selbst beschreibt nur die Schutzziele

1. Reduzierung der Brandgefährdung
 - a. Reduzierung oder Begrenzung der Menge brennbarer oder oxidierender Gefahrstoffe sowie Verhinderung der unkontrollierten Freisetzung
 - b. Vermeidung der Brandentstehung
 - c. Begrenzung der Brand- und Rauchausbreitung
2. Selbstrettung der Beschäftigten oder Anderer
 - a. Frühzeitiges Erkennen eines Brandes
 - b. Flucht vor einem Brand ermöglichen
3. Fremdrettung eingeschlossener und/oder verletzter Personen
 - a. Minimierung der Zahl der auf Fremdrettung angewiesenen Personen
 - b. Rettung gefährdeter Personen ermöglichen
 - c. Ausreichende Standfestigkeit der Tragkonstruktion

und beispielhaft mögliche Maßnahmen zur Erreichung dieser Schutzziele.

So können bei erhöhter Gefährdung eine Brandmeldeanlage mit manueller Brandbekämpfung, Einrichtungen zur Entrauchung sowie eine Verkürzung der Fluchtwege ausreichend sein, während bei hoher Gefährdung eine Leckageüberwachung mit selbsttätiger Löschanlage erforderlich wird.

Die Schutzmaßnahmen selbst sind unter Berücksichtigung der folgenden Rangfolge festzulegen:

1. Substitution (Ersatz oder Mengenminimierung der Gefahrstoffe)
2. Technische Maßnahmen
3. Kollektiv wirkende organisatorische Maßnahmen
4. Individualmaßnahmen

Unter Berücksichtigung dieser Schutzziele und Kriterien darf der Arbeitgeber die geeigneten Maßnahmen selbst festlegen und auch jederzeit durch gleichwertige ersetzen. Das in der TRGS 800 durch die Beispiele in Tabelle 1 beschriebene Niveau muss jedoch eingehalten werden.

Überprüfung der Wirksamkeit

Die Wirksamkeit der festgelegten Brandschutzmaßnahmen ist zu überprüfen. Die Überprüfung beschränkt sich aber oft auf die Prüfung der Einzelkomponenten. Sie kann sich aber auf andere als die typischen Brandschutzmaßnahmen erweitern. Insbesondere brandverhindernde Prozesskontrollen zum Beispiel müssen ebenfalls geprüft werden.

Dokumentation

Die Gefährdungsbeurteilung ist nachvollziehbar zu dokumentieren. Letztendlich sind anhand der vorhandenen Gefahrstoffe und der Zündquellen die ergriffenen Maßnahmen zu begründen. Insbesondere Abweichungen von den Standardisierten Arbeitsverfahren bedürfen in der Regel zumindest einer kurzen Begründung. Die Beurteilung soll Arbeitsinstrument sein und muss daher auch notwendige Umsetzungsschritte sowie deren Erledigung beinhalten und regelmäßig sowie anlassbezogen fortgeschrieben werden. Die Form ist aber nicht vorgeschrieben und sollte zur allgemeinen Gefährdungsbeurteilung eines Betriebes passen. Hinweise gibt das Beispiel in Anlage 1.

EINZELPROBLEME

Die Festlegung von Brandschutzmaßnahmen aus Sicht des Arbeitsschutzrechts und des Brandschutzrechts erfolgen aus unterschiedlichen Systematiken. Dies äußert sich in anderen Adressaten, verschiedenen Regelungskonzepten und auch unterschiedlichen Anforderungsniveaus (siehe Tabelle 2). Durch den unterschiedlichen Regelungsfokus –die Tätigkeit im Arbeitsschutzrecht und die bauliche Anlage in Baurecht– können die Regelungen ohne Konflikte nebeneinander existieren.

Trotzdem führen die unterschiedlichen Vorgehensweisen im Einzelfall zu Schnittstellenproblemen auf die im Folgenden eingegangen wird.

Brennbarer Gefahrstoff

Während der Erstellung der TRGS 800 ist umfangreich diskutiert worden, für welche Stoffe sie anwendbar ist. Aus dem Rechtsbereich ist ersichtlich, dass die TRGS 800 für Gefahrstoffe gilt, die TRGS 800 selbst verwendet den Begriff Brennbarer Gefahrstoffe. Diese müssen aber nicht immer mit einem Gefahrensymbol gekennzeichnet sein. Auch Holzstaub und andere Stäube zum Beispiel sind Gefahrstoffe. Allerdings sind nicht für alle Situationen Brandschutzmaßnahmen nach der TRGS 800 festzulegen. Für Bereiche mit normaler Brandgefährdung, das entspricht dem Begriff der geringen Gefährdung in der Gefahrstoffverordnung, sind die notwendigen Mindest-Brandschutzmaßnahmen in anderen Vorschriften geregelt. Daher ist auch keine weitere Festlegung nach TRGS 800 erforderlich. Insbesondere die verbauten Baustoffe und das Mobiliar sind in der Regel keine zu beurteilenden Gefahrstoffe.

Tabelle 2 Unterschiede Arbeitsschutzrecht – Baurecht

	Arbeitsschutzrecht	Baurecht
Adressat	Arbeitgeber	Bauherr/Eigentümer
Genehmigungserfordernis	In Ausnahmefällen: Erlaubniserfordernis	Genehmigungspflicht
Regelungsfokus	Tätigkeiten	Bauliche Anlage
Sicherheitsniveau	Stand der Technik	Regeln der Technik
Umfang der Vorschriften	Unbestimmt	Abschließende Aufzählung (Bauregelliste, Muster-Liste der Technischen Baubestimmungen)
Bestandsschutz	Ständige Anpassung	Bestandsschutz

Brandschutzkonzept

Brandschutzkonzepte nach Baurecht sind Teil der Genehmigungsunterlagen und enthalten nur die baurechtlich notwendigen Brandschutzmaßnahmen. Sie müssen bei der Informationsermittlung berücksichtigt werden. Allerdings können Brandschutzkonzepte auch breiter angelegt sein und detailliert betriebliche Abläufe berücksichtigen. Aber nur wenn sie die betrieblichen Tätigkeiten umfassend berücksichtigen und über die baurechtlich notwendigen Maßnahmen die betrieblichen Maßnahmen einschließlich der Zündquellenvermeidung berücksichtigen, können sie gegebenenfalls auch als Gefährdungsbeurteilung verwendet werden.

Nachträgliche Änderungen

Ein auffälliger Unterschied zwischen Arbeits- und Brandschutzrecht ist die Frage der Behördenbeteiligung. Im Arbeitsschutzrecht ist die selbstständige Anpassung der Maßnahmen durch den Arbeitgeber der Normalfall. Nur bei wenigen Überwachungsbedürftigen Anlagen sind Erlaubnisverfahren erforderlich. Da keine behördliche Zustimmung erforderlich ist, kann der Arbeitgeber seine Schutzmaßnahmen auch ständig an neue betriebliche Abläufe anpassen. Somit sind nachträgliche Änderungen jederzeit möglich.

Im Baurecht ist die Genehmigungserfordernis der Normalfall. Die erteilten Genehmigungen müssen auch langfristig eingehalten bei Veränderungen angepasst werden. Dies gilt auch für Maßnahmen, die im Baugenehmigungsverfahren genannt waren, für die die Notwendigkeit aber nachträglich entfällt.

Diese Konsequenzen von Festlegungen zeigen z. B. bei schutzzielorientierten Festlegungen unter Anwendung Brandlastberechnung nach DIN 18230.

Daher muss dem Arbeitgeber, der im Rahmen seiner Gefährdungsbeurteilung Brandschutzmaßnahmen festlegt, immer bewusst sein, dass einzelne seiner Maßnahmen auch in der Baugenehmigung festgeschrieben sein können. Ebenso ist immer zu prüfen, ob aus baurechtlichen Vorschriften Maßnahmen erforderlich werden. Da im Zweifelsfall immer beide Rechtsbereiche zu berücksichtigen sind, das Baurecht aber oft die konkreteren Vorgaben macht und das Arbeitsschutzrecht eine freiere Beurteilung zulässt, kommt es oft zu einem Vorrang der konkreten baurechtlichen Forderung. So wird man auf die selbstschließende Eigenschaft baurechtlich geforderter Brand- oder Rauchschutztüren nicht verzichten, auch wenn es im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung begründet werden kann.

Konfliktlösungsmodell

Im Einzelfall können die baurechtliche Beurteilung und die Gefährdungsbeurteilung zu unterschiedlichen Schutzmaßnahmen führen. Zuerst wäre dann zu prüfen, ob nicht die jeweils andere Schutzmaßnahme eine gleichwertige ist. Kann auf diesem Weg keine geeignete Schutzmaßnahme gefunden werden, und müssen die Behörden wegen eines möglichen Schutzzielkonfliktes eingeschaltet werden, dann besteht die Möglichkeit, im Rahmen notwendiger Genehmigungsverfahren eine Einigung herbeizuführen oder auch behördliche Ausnahmen zuzulassen. Daher sehen die meisten Verfahrensvorschriften die gegenseitige Einschaltung der jeweils betroffenen Behörden vor.

ZUSAMMENFASSUNG

Brandschutz und Arbeitsschutz haben gemeinsam das Ziel, Personen vor Brandfall zu schützen. Die verwendeten Vorgehensweisen ergänzen sich und führen zur besseren Reduzierung der Gefährdungen. Spätestens auf betrieblicher Ebene muss der Arbeitgeber die Vorgaben beider Rechtsbereiche ganzheitlich umsetzen. Dies sollten auch die anderen Akteure im Blick haben.

LITERATUR

- [1] Wolf, T.: Ist Brandschutz Arbeitsschutz; Betriebliche Prävention und Unfallversicherung (ehemals: die BG) (2011)11, S. 490-493
- [2] Emmons, H. W.: Heat Transfer in Fire; Journal of Heat Transfer 2 (1973) 95; S. 145-151
- [3] Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung - GefStoffV) vom 26. November 2010 (BGBl. I, S. 1643, 1644)
http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/gefstoffv_2010/gesamt.pdf
- [4] Technische Regel für Gefahrstoffe „Brandschutzmaßnahmen“ (TRGS 800), Ausgabe Dezember 2010, GMBI 2011 Nr. 2 S. 33-42 (vom 31.01.2011)
<http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/TRGS/pdf/TRGS-800.pdf>
- [5] Gemeinsame Deutsche Arbeitsschutzstrategie (GDA): Leitlinie Gefährdungsbeurteilung und Dokumentation, Juni 2008
<http://www.gda-portal.de/de/pdf/Leitlinie-Gefaehrdungsbeurteilung.pdf>
- [6] Wolf, T.: Brandschutzanforderungen bei der Lagerung von Gefahrstoffen, Tagungsband vfdb-Jahresfachtagung 21. – 23.05.2012, S. 311-321
- [7] Aich, U.; Maiworm, B.; Wolf, T.: TRGS 800 – Neue Technische Regel für Gefahrstoffe zur Festlegung von Brandschutzmaßnahmen; Technische Sicherheit 1 (2011) 10, S. 29-37
- [8] Holz-Berufsgenossenschaft: Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz - Schreinereien/Tischlereien (BGI 725), Ausgabe 10/2005
<http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/bgi725.pdf>
- [9] Gesamtverbandes der Deutschen Versicherungswirtschaft: Holz bearbeitende und verarbeitende Betriebe - Richtlinie für den Brandschutz (VdS 2029), Ausgabe 10/2000
http://www.vds.de/fileadmin/vds_publikationen/vds_2029_web.pdf
- [10] Technische Regel für Gefahrstoffe „Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“ (TRGS 400), Ausgabe Dezember 2010, GMBI 2011 Nr. 2 S. 19-32 (31.01.2011)
<http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/TRGS/pdf/TRGS-400.pdf>
- [11] Technische Regeln für Betriebssicherheit/Technische Regeln für Gefahrstoffe „Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Beurteilung der Explosionsgefährdung – (TRBS 2152 Teil 1/ TRGS 721), (Bundesanzeiger Nr. 103a vom 2. Juni 2006)
<http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Anlagen-und-Betriebssicherheit/TRBS/pdf/TRBS-2152-Teil-1.pdf>

Anlage 1 Beispiel für eine Gefährdungsbeurteilung beim Trennschleifen (nicht vollständig)

Bereich	Tätigkeit	Eingesetzte Gefahrstoffe	Zündquellen	Vorliegende Gefährdung	Notwendige Brandschutzmaßnahmen	Weitere Unterlagen	Zu erledigen durch bis zum	Erl.
Werkstattplatz im Freien	Trennschleifen an 200 l-Fässern	Umgebung ggf. Fassinhalt	Schleif-funken	Hoch	Inhalt kontrollieren (Kennzeichnung, Ex-Atmosphäre testen) Bei Ex-Atmosphäre/fehlender Messmöglichkeit: Fass vollständig mit Wasser füllen! Umgebung Freihalten	Betriebsanweisung Explosionsschutzdokument	Vorhanden	-
Werkstatt, Trennschleifplatz	Trennschleifen an Metallbauteilen	Schmieröle	Schleif-funken	Erhöht	Nichtbrennbare Werkstattmöbel im 5m Umkreis Nichtbrennbarer Boden + Wände Absaugung aufstellen Wasserlöscher am Raumeingang	Betriebsanweisung Prüfung - Feuerlöscher	Prüfung Feuerlöscher erledigen Hr. Müller bis 10/12	☐
...	...	...	...	...	...	...	...	
Alle Bereiche	-	Nur geringste Mengen (z. B. Kleber)	Elektrogeräte	Normal	Unterweisung der Beschäftigten Feuerlöscher nach ASR 13/1,2 Fluchtwege nach Baurecht, beschildert, Türen öffnen in Fluchtrichtung, nicht verriegelt	Brandschutzordnung Flucht- und Rettungsplan Baugenehmigung	Umgang mit Feuerlöschern schulen	☒

Dortmund, den 20.08.12 TW (Sifa,BSB) weitere Beteiligte: RW (BetrL)

INTERNATIONALER VERGLEICH DER BEMESSUNG VON RETTUNGSWEGEN IN VERSAMMLUNGSSTÄTTEN

Burkhard Forell

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln

EINLEITUNG

Gefahrensituationen in Versammlungsstätten führen immer wieder zu teilweise hohen Opferzahlen. Aufgrund hoher Personendichten und zusätzlicher Faktoren waren Diskotheken und ähnliche Vergnügungsstätten in der Vergangenheit besonders betroffen [1]. Die Vulnerabilität einer Versammlungsstätte bei Gefahrensituationen wie Bränden hängt wesentlich von der benötigten Zeit für die Selbstrettung ab. Allgemein akzeptierte Richtwerte für Räumungszeiten oder Rettungswegbreiten pro Person existieren nicht. Stattdessen hat jedes Land eigene Erfahrungen mit dem Betrieb von Vergnügungsstätten einschließlich aufgetretener (Brand-)Ereignisse, die sich in den Regelwerken in unterschiedlich hohen Anforderungen an die Rettungswegbemessung niederschlagen.

In Tabelle 1 werden die in diesen Vergleich einbezogenen Länder, Länderkürzel und jeweiligen Regelwerke genannt.

Die Räumungszeit besteht aus der Reaktionszeit der Personen und der Fluchtzeit für den Bewegungsvorgang

$$t_{\text{Reaktion}} + t_{\text{Flucht}} = t_{\text{Räumung}} \quad (1)$$

Die Reaktionszeit schließt je nach Szenario ebenfalls die Branderkennungs- und Alarmierungszeit mit ein und hängt von vielen Kriterien ab, die nicht durch die Bauordnungen und Regelwerke abgedeckt sind. Deshalb werden im Folgenden zunächst nur die Fluchtzeiten unterschiedlicher Länder verglichen, die sich als Funktion der Bemessung der Rettungswege – insbesondere der verfügbaren Rettungswegbreite in Bezug auf die darauf angewiesene Personenzahl – darstellen lassen. Danach werden zusätzliche Anforderungen an die Bemessung von Rettungswegen verglichen. Anforderungen an anlagentechnische Brandschutzmaßnahmen sind im Anhang aufgeführt.

UNTERSUCHUNGSANSATZ

Als Referenzversammlungsstätte wird ein ebenerdiger Versammlungsraum mit Stehplätzen bei homogener Personendichte betrachtet. Die Ausgangstüren sind die relevanten Engpässe im Rettungsweg. Die Fluchtzeit t_{Flucht} bis in den sicheren Bereich besteht aus der Laufzeit und der Stauzeit. Für die letzte den Raum verlassende Person entspricht die Fluchtzeit der Durchströmzeit der Tür (Bild 1).

Tabelle 1 Betrachtete Länder, Länderkürzel und jeweilige Regelwerke

Land	Abk.	Verwendetes Gesetz/Regelwerk
Österreich/Wien	Aut	Gesetz betreffend Lage, Beschaffenheit, Einrichtung und Betrieb von Veranstaltungsstätten (Wiener Veranstaltungsstättengesetz) (1999)
England, Wales	GBr	Building Regulations 2000, Approved Document B - Fire safety (Ed. 2006, amended 2007)
Deutschland	Deu	Musterverordnung über den Bau und Betrieb von Versammlungsstätten (MVStättV), Juni 2005
Italien	Ita	Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio dei locali di intrattenimento e di pubblico spettacolo, Decreto Ministeriale. 19.08.1996
Luxemburg	Lux	Prescriptions de sécurité incendie Dispositions générales "Bâtiments moyens", ITM-SST 1502.1, Februar 2009 Dispositions Spécifiques "Salles de Spectacles", ITM-SST 1507.1, Februar 2009
Schweden	Swe	Regelsamling för byggande - Boverkets byggregler (BBR). BFS 2011:6 med ändringar t.o.m. 2011:26, Oktober 2011
Schweiz	CHe	Brandschutzrichtlinie Flucht- und Rettungswege, VKF, AEAI, 10.10.2008
USA	USA	NFPA 101 Life Safety Code, 2009

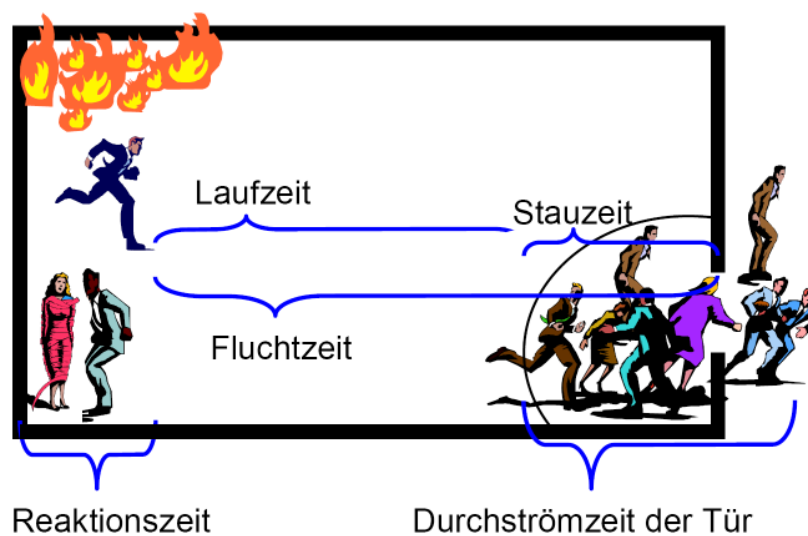


Bild 1 Räumungsvorgang schematisch

Die Fluchtzeiten ergeben sich aus den Anforderungen in den jeweiligen Regelwerken. Sie hängen ab von

- der Mindestanzahl der Ausgangstüren, n ,
- der Mindestbreite der Türen, $w_{\min}$,
- der Bemessungspersonenanzahl, N und
- dem Anstieg der Rettungswegbreite pro Person.

Für eine gegebene Raumgröße ist die Mindestbreite des Rettungsweges w_{tot} durch die

- Mindestanzahl und die Mindestbreite der Ausgangstüren bzw. des Rettungsweges oder
- durch die Bemessungspersonenzahl mal der Rettungswegbreite pro Person bestimmt.

Für kleine Versammlungsräume ist in der Regel das erste Kriterium relevant für die Bemessung, während für größere Räume das zweite Kriterium die Auslegung entscheidet. Deshalb hängt die Fluchtzeit t_{Flucht} aus einem Versammlungsraum von der Raumgröße A ab

$$t_{\text{Flucht}}(A) = N(A) / \sum_{i=1}^n w_i \cdot F_i(w) \quad (2)$$

wobei F_i der spezifische Fluss des Personenstroms durch eine Ausgangstür i ist, der von der Türbreite w_i abhängt.

PERSONENSTRÖME DURCH ENGSTELLEN

Zum Verhalten von Personenströmen durch Engstellen und die dabei vorliegenden Flüsse f [p/s] bzw. spezifischen Flüssen F [p/(s m)] sind bereits seit Jahren Arbeiten veröffentlicht worden, z. B. [2] bis [7]. Im Rahmen dieses Vergleichs wird von einem einfachen Ansatz ausgegangen, der die empirischen Erkenntnisse berücksichtigt, dass

- ab einer bestimmten Breite von Ausgängen und Rettungswegen der spezifische Fluss F praktisch unabhängig von der Wegbreite w ist [2], [6] sowie
- für schmale Ausgangsbreiten das Auftreten von dynamischen Bogenbildungen und Verstopfungen verstärkt beobachtet wird und dadurch der spezifische Fluss $F(w)$ im zeitlichen Durchschnitt reduziert wird [2] bis [5].

Aus diesem Grund wird für größere Räume in der deutschen Versammlungsstättenverordnung unter Bezug auf die Europäische Norm für Zuschauertribünen [8] eine Mindestbreite der Ausgänge von $w_{\min} = 1,20$ m gefordert. Dieser

Wert wurde ebenfalls in den Arbeiten von Peschl [3] und Müller [5] vorgeschlagen, um Bogenbildungen und Verstopfungen an den Türen zu vermeiden. In der DIN EN 13200 [8] sowie der Begründung der Versammlungsstättenverordnung [9] wird für Türen mit $w \geq 1,20$ m von einem spezifischen Fluss von

$$F_{w \geq 1,20 \text{ m}} = 1,39 \text{ p/(s*m)} \quad (3)$$

ausgegangen, der hier übernommen wird (Bild 2).

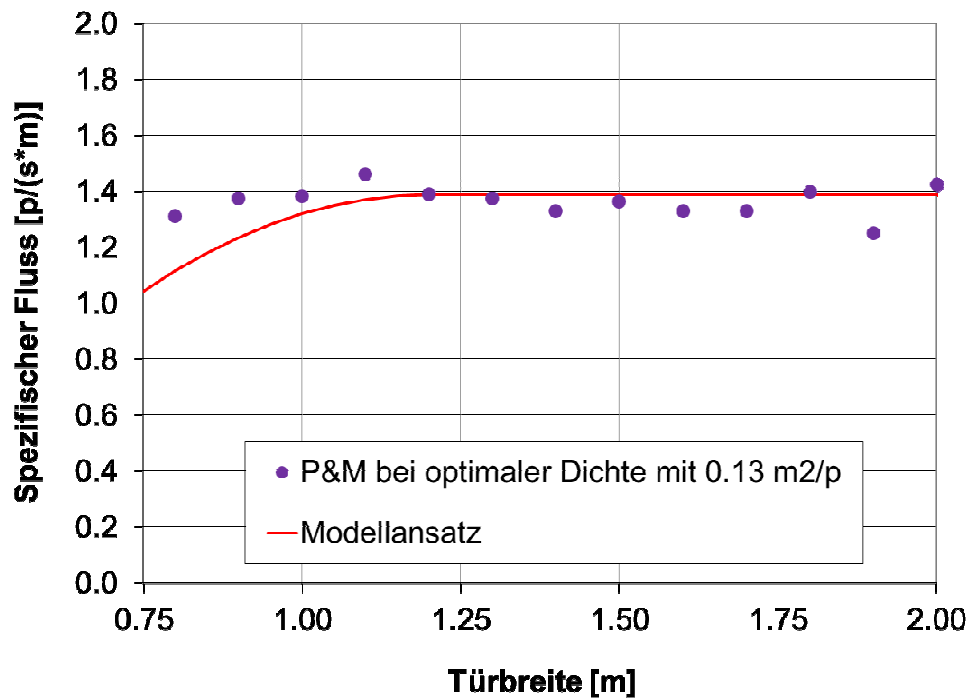


Bild 2 Gewählter spezifischer Fluss F in Abhängigkeit der Ausgangsbreite w im Vergleich mit den Daten von Predtetschenski und Milinski [2] bei optimalem Fluss (Projektionsfläche $0,13 \text{ m}^2/\text{p}$)

Für Türbreiten zwischen $0,75 \text{ m} < w < 1,20 \text{ m}$ wird in dieser Arbeit ein empirischer Zusammenhang verwendet, der in Bild 2 im Vergleich zu den Daten von Predtetschenski und Milinski [2] für das Maximum des Flusses dargestellt ist. Zur Berücksichtigung der in den Daten von Predtetschenski und Milinski nicht erfassten Bogenbildung und Verstopfung [3], [5] wurde der Fluss F bei Türbreiten $w < 1,20 \text{ m}$ gegenüber den Daten [2] deutlicher reduziert. Die Korrelation lautet

$$F_{0,75 \text{ m} < w < 1,20 \text{ m}} = -1,715 w^2 + 4,115 w - 1,080 \quad [\text{p/(s*m)}] \quad (4)$$

VERGLEICH DER BEMESSUNGSPARAMETER

Mindestbreite der Ausgangstüren

In Tabelle 2 sind die Mindestbreite $w_{\min}$ der Ausgangstüren sowie die dabei maximal erlaubte Besucherzahl N dargestellt. Die geringen Türbreiten $w < 1,20$ m, für die die mit Gl. (4) bestimmten spezifischen Flüsse eingesetzt werden, kommen nur für relativ kleine Versammlungsräume zur Anwendung.

Tabelle 2 Mindesttürbreite $w_{\min}$ in Abhängigkeit der Besucherzahl bzw. Raumgröße

Land	Mindesttürbreite	erlaubt bis
Österreich/Wien	1,00 m	120 Personen
England, Wales	0,75 m	60 Personen
Deutschland	0,90 m	100 m ²
Italien	0,90 m	100 Personen
Luxemburg	0,90 m	90 Personen
Schweden	0,80 m	150 Personen
Schweiz	0,90 m	200 Personen
USA	0,81 m	162 Personen

Bemessungspersonendichten für Vergnügungsstätten

Die Bemessungspersonenzahl ist jeweils das Produkt aus Versammlungsraumfläche A mal Bemessungspersonendichte. In Tabelle 3 sind die Personendichten für den Anwendungsfall „Vergnügungsstätten“ dargestellt. Es zeigt sich eine deutliche Streuung zwischen 1,2 und 4,0 p/m².

Erforderliche Rettungswegbreite pro Person

In einigen Ländern wird ein diskreter Anstieg der Rettungswegbreiten in Schritten von 0,60 m (Deutschland, Italien, Schweiz) oder 0,40 m (Österreich/Wien) gefordert. Der diskrete Ansatz soll dabei die Formierung von Spuren berücksichtigen (Tabelle 4).

Die angelsächsischen Länder haben sich vom diskreten Ansatz verabschiedet und verwenden – wie Luxemburg und Schweden – einen kontinuierlichen Anstieg der Rettungswegbreiten (vgl. z. B. Bild 2 zur Empirie der Fragestellung). Der resultierende Anstieg pro Person liegt zwischen 0,5 cm und 1,0 cm, wobei dieser Wert in Bezug zur Bemessungspersonendichte (Tabelle 3) zu sehen ist. Besonders hervorzuheben sind der Wiener und Luxemburger Ansatz, bei denen für die ersten 300 Personen ein breiterer Rettungsweg erforderlich wird als für über 300 hinausgehende Personen.

Tabelle 3 Bemessungspersonendichte für Vergnügungsstätten

Land	Dichte	Anwendungsbereich
Österreich/Wien	3,00 p/m ²	Versamlungs- und Vergnügungsstätten mit ebenen Stehplatzbereichen
England, Wales	2,00 p/m ²	Vergnügungsstätten, Hallen
Deutschland	2,00 p/m ²	Versamlungs- und Vergnügungsstätten mit ebenen Stehplatzbereichen
Italien	1,20 p/m ²	Ballsäle, Diskotheken
Luxemburg	3,00 p/m ²	Diskotheken, Ballsäle, Mehrzweck-Versammlungsräume
Schweden	2,50 p/m ²	Tanzräume, Vergnügungsstätten für Stehende und Sitzende
Schweiz	4,00 p/m ²	Diskotheken, Popkonzerte ohne Bestuhlung
USA	2,71 p/m ² 1,54 p/m ²	Versammlungsräume bis 929 m ² hohe Ausnutzung ohne Bestuhlung

Tabelle 4 Erforderliche Rettungswegbreite pro Person bei kontinuierlichem (k) oder diskretem (d) Anstieg

Land	Ansatz	Wegbreite pro Person	k/d
Österreich/Wien	fixe Werte 0,40 m/ 60 p	bis 0,78 cm bis 300 P. 0,67 cm ab 300 P.	d, 0,4 m
England, Wales	0,005 m / 1 p	0,50 cm ab 220 P.	k
Deutschland	0,60 m / 100 p	0,60 cm	d
Italien	0,60 m / 50 p	0,60 cm	d
Luxemburg	0,0100 m / 1 p 0,0075 m / 1 p	1,00 cm bis 300 P. 0,75 cm ab 300 P.	k
Schweden	0,0067 m / 1 p	0,67 cm	k
Schweiz	0,60 m / 100 p	0,60 cm	d
USA	0,005 m / 1 p	0,50 cm	k

ERGEBNISSE

Ausgangsbreite in Abhängigkeit der Fläche eines Versammlungsraums

Die aufsummierte Rettungswegbreite w_{tot} aller Ausgänge als Funktion der Fläche A von Vergnügungsstätten ist in Bild 3 dargestellt. Für große Räume führt ein kontinuierlicher (k) Ansatz zu einem linearen Anstieg und ein diskreter (d) Ansatz zu einem stufenförmigen Anstieg von w_{tot} . Die erforderlichen Breiten zeigen für die verschiedenen betrachteten Länder eine deutliche Streuung von etwa einem Faktor drei auf. Für große Räume werden die breitesten Rettungswege in den Ländern Luxemburg und der Schweiz erforderlich.

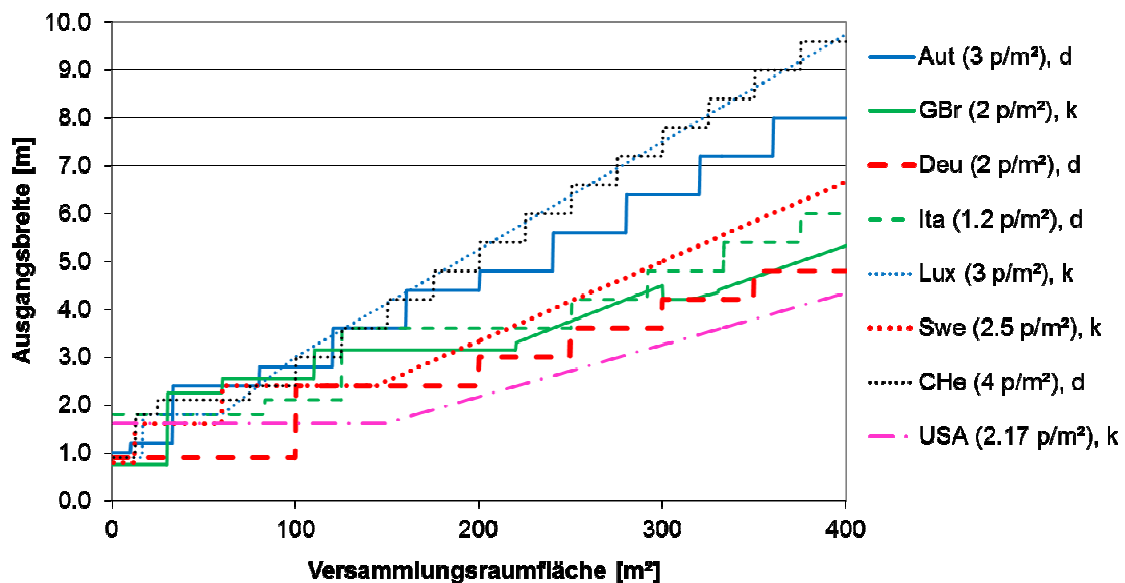


Bild 3 Gesamtrittungswegbreite w_{tot} in Abhängigkeit der Fläche A eines Versammlungsraums

Fluchtzeiten aus Vergnügungsstätten bei Bemessungspersonendichte

Aus den zur Verfügung stehenden Rettungswegbreiten, dem anzusetzenden Fluss und der Bemessungspersonendichte lassen sich auslegungsgemäße Fluchtzeiten t_{Flucht} bestimmen, die von der Fläche A des Versammlungsraumes abhängen. Bei mehr als einem Rettungsweg wurde von einer optimalen Verteilung der Personen auf die Rettungswege ausgegangen. Der Verlauf der Fluchtzeiten t_{Flucht} ist in Bild 4 dargestellt.

Es lässt sich jeweils ein für kleine Räume geltender Bereich erkennen, für den die Fluchtzeit durch die Mindestanzahl der Ausgänge und die Mindesttürbreite bestimmt wird. Für große Räume wird die auslegungsgemäße Fluchtzeit durch die erforderliche Rettungswegbreite pro Person (Tabelle 4) unter Berücksichtigung der Bemessungspersonendichte (Tabelle 3) bestimmt. Mit Ausnahme von Deutschland (3 min) und den USA (2,9 min) sind die maximalen Fluchtzeiten aus kleinen Räumen kürzer als aus großen Räumen. Der Verlauf für die

USA stellt auch das Maximum der auslegungsgemäßen Fluchtzeiten im Ländervergleich dar, während in den übrigen Ländern Fluchtzeiten bis zu zwei Minuten erreicht werden. Die Streuung zwischen auslegungsgemäßen Fluchtzeiten aus Versammlungsräumen der gleichen Fläche liegt bei 300 %.

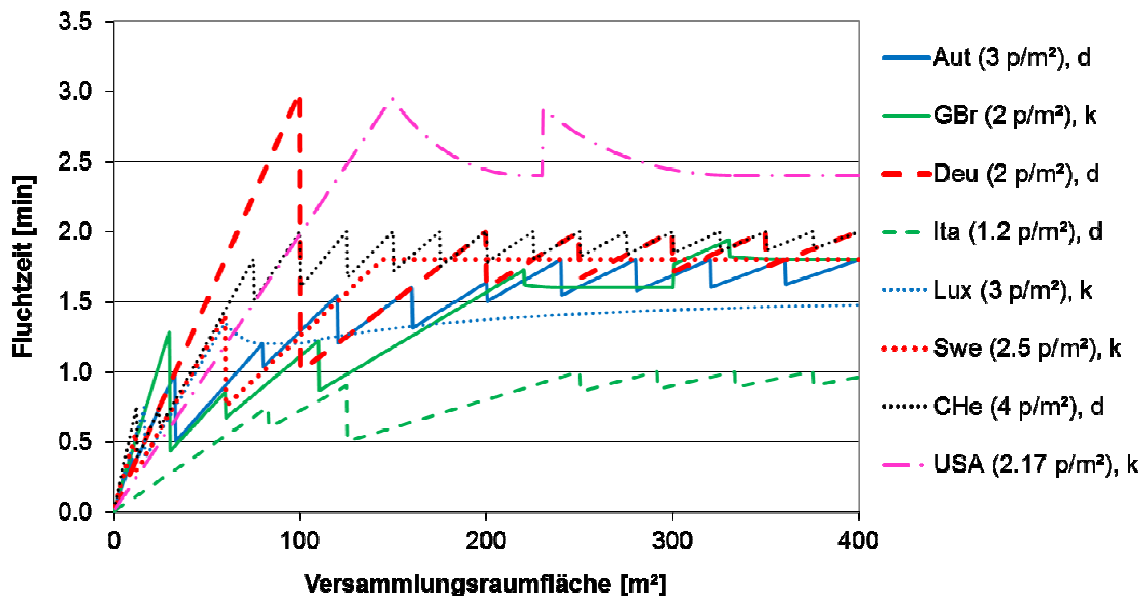


Bild 4 Fluchtzeiten t_{Flucht} als Funktion der Versammlungsraumfläche A bei Bemessungspersonendichte

Fluchtzeiten aus Vergnügungsstätten bei einer einheitlichen Personendichte von vier Personen pro Quadratmeter

Die Fluchtzeiten aus Versammlungsräumen werden deutlich von den unterschiedlichen Bemessungspersonendichten (Bild 5) beeinflusst. Wenn allerdings davon ausgegangen wird, dass die Bereitschaft bzw. das Verhalten von Besuchern, sich in Vergnügungsstätten zu bestimmten Personendichten zu formieren, in den betrachteten Ländern gleich ist, kann von einer einheitlichen realen Personendichte in Vergnügungsstätten ausgegangen werden.



Bild 5a-c Veranschaulichte Personendichten von (a) 2 p/m^2 und (b) 4 p/m^2 verglichen mit (c) einer typischen Situation in einer gut besuchten Vergnügungsstätte

Der Bemessungswert von 2 p/m^2 (Bild 5a) wird für gut besuchte Vergnügungsstätten als zu gering angesehen (Bild 5c); stattdessen wird der auch in der Schweiz verwendete Wert von 4 p/m^2 (Bild 5b) für realitätsnäher gehalten.

Die sich bei einer einheitlichen Dichte von 4 p/m^2 ergebenden Fluchtzeiten t_{Flucht} als Funktion der Fläche einer Vergnügungsstätte sind in Bild 6 dargestellt. Mit Ausnahme der Schweiz ergibt sich für alle betrachteten Länder ein Anstieg der Fluchtzeit unter realitätsnahen Bedingungen.

Durch die erhöhten Personendichten erreichen die realitätsnahen Fluchtzeiten Spitzen oberhalb von fünf Minuten (Deutschland, USA). In anderen Ländern (Österreich, Luxemburg, Schweden, Schweiz) werden Fluchtzeiten von weniger als drei Minuten erreicht. Die Streuung der minimalen und maximalen Fluchtzeiten für eine gegebene Versammlungsraumfläche liegt wieder bei ca. 300 %.

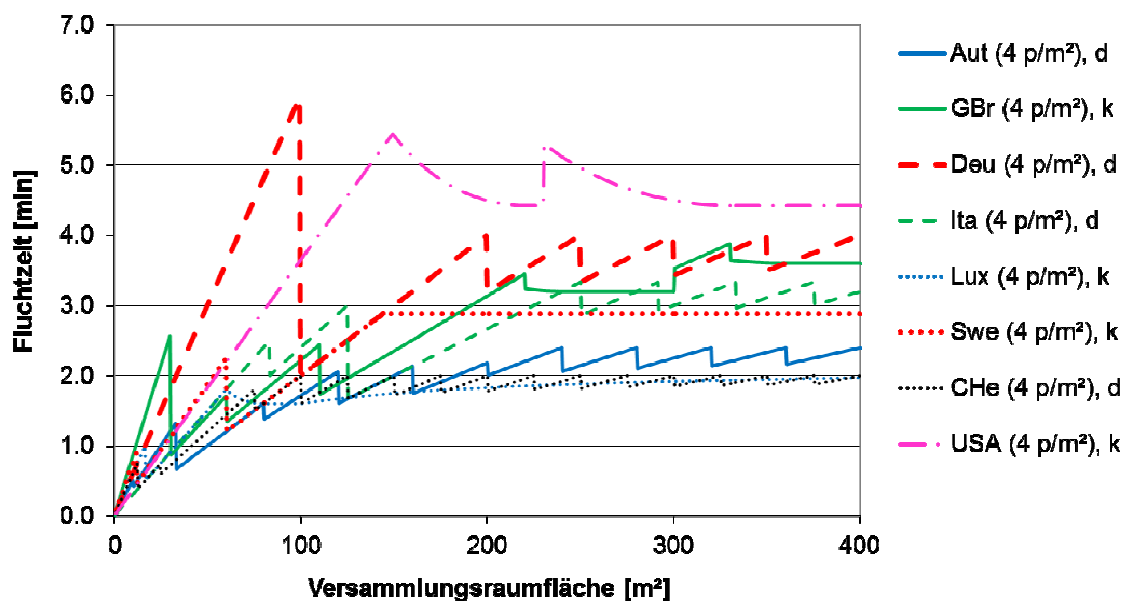


Bild 6 Fluchtzeiten t_{Flucht} als Funktion der Versammlungsraumfläche A bei einheitlicher Personendichte von 4 p/m^2

EINIGE WEITERE UNTERSCHIEDE IN DER RETTUNGSWEGBEMESSUNG

Die Fluchtzeiten wurden für ein typisches und einfaches Szenario bestimmt, um eine gute Vergleichbarkeit zu erzielen. In den meisten Ländervorschriften existieren weitere Anforderungen, von denen im Folgenden einige dargestellt werden. Falls nicht näher erläutert, beziehen sich die Anforderungen immer auf Diskotheken und ähnliche Vergnügungsstätten.

Bemessung von notwendigen Treppen

Die obigen Betrachtungen gelten für Rettungswege in der Ebene. Führen die Rettungswege über Treppen, müssen nach einigen Regelwerken breitere Wege

vorgesehen werden, um den geringeren spezifischen Fluss auf Treppen [2] zu kompensieren, damit diese keine Engpässe darstellen.

In Österreich/Wien, England, Wales, Deutschland und Schweden müssen Treppen nicht breiter als die horizontalen Rettungswege ausgelegt werden.

Das italienische Regelwerk erfordert je eine Modulbreite von 0,60 m pro 50 Personen, wenn die Lage des Versammlungsraumes bis +/- 1 m vom Straßenniveau abweicht, pro 37,5 Personen, wenn der Niveauunterschied +/- 7,5 m beträgt und pro 33 Personen bei einem Niveauunterschied von größer 7,5 m.

In Luxemburg werden an Stelle der Rettungswegbreite von 1 cm pro Person für horizontale Rettungswege auf Treppen abwärts 1,25 cm/p und bei Treppen aufwärts 2 cm/p gefordert.

In der Schweiz wird bei Evakuierung über Treppen ebenfalls die Fluchtrichtung berücksichtigt: Während bei Räumung aus einem Erdgeschoss eine Modulbreite von 0,60 m für 100 Personen gefordert wird, sind es aus einem Obergeschoss 60 Personen und aus einem Untergeschoss 50 Personen.

In den USA werden Treppenräume ebenfalls breiter bemessen als horizontale Rettungswege.

Bemessungspersonenzahl bei mehrgeschossigen Versammlungsstätten

Falls Versammlungsräume verschiedener Geschosse an ein Treppenhaus angeschlossen sind, werden in einigen Ländervorschriften Abschläge bei der Bestimmung der Gesamtbemessungspersonenzahl zugestanden. Dabei wird argumentiert, dass nicht alle Geschosse gleichzeitig geräumt werden bzw. der Treppenraum einen Puffer bildet.

Für Österreich/Wien, Luxemburg und die Schweiz sehen die Regelwerke keine Abschläge für die Bemessung der Treppen vor. Für Deutschland sieht die MVStättV ab 2002 ebenfalls keine Abschläge vor, wie es noch die alte VStättVO von 1978 ermöglichte [9].

In England und Wales wird für Versammlungsstätten von einer „simultaneous evacuation“ (im Gegensatz zur „phased evacuation“) ausgegangen. Allerdings werden auch bei der gleichzeitigen Evakuierung Abschläge in der Bemessungsbreite der Treppen gemacht, wenn eine gegebene Zahl von Personen nicht nur auf einem Geschoss, sondern auf verschiedenen Geschossen verteilt ist. Bei der Evakuierung in Phasen sind weitere Abschläge möglich.

Im Regelwerk für Italien müssen für die Auslegung der Rettungswegbreiten die beiden aufeinanderfolgenden Geschosse mit der höchsten Personenbelegung berücksichtigt werden.

In Schweden sind Abschläge möglich, falls die Räumungen auf verschiedenen Geschossen nicht gleichzeitig einsetzen.

In den USA muss nur das Geschoss mit der höchsten Personenbelegung berücksichtigt werden, wenn die Voraussetzung gegeben ist, dass der Rettungsweg in Laufrichtung nicht schmaler wird.

Mindestanzahl von Ausgängen aus Besucherbereichen

Die Mindestanzahl der Ausgänge aus Versammlungsräumen variiert ebenfalls: Während in allen Vorschriften in Abhängigkeit der Bemessungspersonenzahl bzw. Raumgröße mindestens ein zweiter baulicher Rettungsweg gefordert wird, wird in einigen Vorschriften mit steigender Personenzahl bzw. Raumgröße auch explizit ein dritter und weitere Ausgänge gefordert.

In Österreich/Wien werden für Räume ab 100 Personen zwei Ausgänge ins Freie bzw. zu Hauptverkehrswegen gefordert. Weitere Redundanzanforderungen können sich über Weglängenbegrenzungen ergeben.

In England und Wales wird bis 60 Personen ein Ausgang gefordert, zwischen 60 und 600 Personen sind drei und ab 601 Personen vier Ausgänge erforderlich. Der Sprung von einem auf drei Ausgänge resultiert daher, dass bei mehr als einem notwendigen Ausgang der breiteste Ausgang für die Bemessung als ausgefallen angesehen werden muss.

In Deutschland wird ab einer Aufenthaltsraumfläche von mehr als 100 m² ein zweiter Ausgang gefordert. Weitere Redundanzanforderungen können sich über Weglängenbegrenzungen ergeben.

In Italien werden bis 150 Personen mindestens zwei Ausgänge verlangt; darüber hinaus sind drei Ausgänge notwendig.

Für Luxemburg wird ab 50 Personen ein zweiter Ausgang gefordert. Ab 500 Personen sind drei Ausgänge erforderlich, danach jeweils pro 500 Personen ein weiterer Ausgang.

In Schweden werden ab 30 Personen zwei Ausgänge, ab 151 Personen drei Ausgänge und ab 1001 Personen vier Ausgänge gefordert.

Für die Schweiz ist die Errichtung nur eines Ausgangs aus einem Versammlungsraum bis zu 50 Personen möglich. Darüber hinaus müssen mindestens zwei Ausgänge vorhanden sein. Für die notwendige Anzahl von Treppenanlagen gelten weitere Bestimmungen.

In den USA sind für bis zu 600 Personen zwei separate Rettungswege, zwischen 600 und 1000 Personen drei und ab 1000 Personen vier Rettungswege erforderlich.

DISKUSSION

Kurze Fluchtzeiten reduzieren das Risiko des Auftretens von personengefährdenden Bränden sowie von Verletzungen innerhalb des Räumungsvorgangs. Eine für alle möglichen Schadensereignisse ausreichend kurze Fluchtzeit lässt sich allerdings nicht allgemein definieren, da sich Brände mit unterschiedlichen, im Vorhinein nicht nach oben abgrenzbaren Geschwindigkeiten entwickeln. Die Frage „*Wie schnell ist schnell genug?*“ lässt sich deshalb nur in Bezug auf das nicht ausgewiesene, aber implizit gesellschaftlich akzeptierte Restrisiko beantworten.

Der postulierte qualitative Zusammenhang zwischen Räumungszeit und Personenrisiko ist in Bild 7 dargestellt. Für sehr kurze Räumungszeiten ist das Risiko sehr klein. Diesem Restrisiko kann z. B. ein explosionsartig verlaufender Brand entsprechen. Wenn sich die Räumungszeiten verlängern, erhöht sich das Risiko zunächst nur geringfügig, da immer noch nur sehr wenige potenzielle Szenarien in der Lage sind, ein gefährliches Ereignis hervorzurufen. Je länger die Räumungszeit aber wird, desto häufiger sind Szenarien zu erwarten, die zu einer Personengefährdung führen. Das Risiko wird in diesem Bereich viel deutlicher durch Änderungen der Räumungszeit beeinflusst. Von großem Interesse ist die Frage, an welchen Punkt des Bildes 7 sich die jeweilige Bemessung befindet, d. h. wie elastisch das Risiko auf Änderungen der Räumungszeit reagiert. Bezogen auf die deutsche MVStättV wurden in [10] und [11] für das zuvor beschriebene einfache Szenario Berechnungen angestellt. Diese hatten zum Ergebnis, dass sich bei einer Verdopplung der Räumungszeit das Personenrisiko um ca. eine Größenordnung erhöht. Insgesamt befindet sich das errechnete Personenrisiko im gesellschaftlich akzeptierten Bereich [11], wobei die Spitzen der Fluchtzeiten besonders bei 100 m² sowie 200 m² (vgl. Bilder 4 und 6) zu einer deutlichen Erhöhung des Personenrisikos führen.

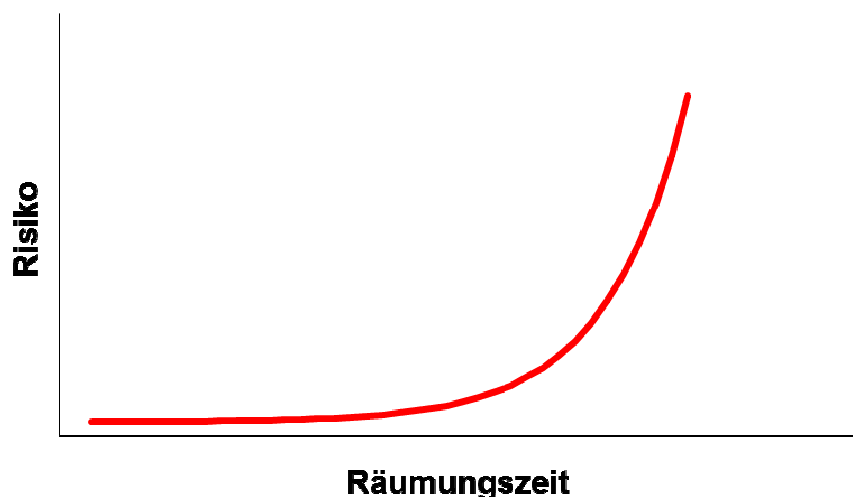


Bild 7 Qualitativer Zusammenhang zwischen Räumungszeit und Personenrisiko für eine Versammlungsstätte

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Bemessung von Rettungswegen aus Versammlungsstätten ist in verschiedenen Ländern unterschiedlich komplex geregelt, wobei jeweils ingenieurwissenschaftliche Erkenntnisse zum Verhalten von Personen und zu Personenbewegungen in Gebäuden in unterschiedlichem Maße berücksichtigt werden. Bezüglich einer anzustrebenden maximalen Räumungszeit stehen ingenieurwissenschaftliche Erkenntnisse nur sehr begrenzt zur Verfügung, sodass die Auslegung hier auf historischen Erfahrungen sowie politischen Erwägungen in den jeweiligen Ländern beruht und zu deutlich unterschiedlichen Ergebnissen führt. Aufgrund des hohen Einflusses der Räumungszeiten auf das Niveau der Personensicherheit in Versammlungsstätten ist von einer starken Streuung des Sicherheitsniveaus im internationalen Vergleich auszugehen.

Für das oben betrachtete einfache Szenario ist bezogen auf das Bemessungsergebnis der deutschen MVStättV festzustellen, dass

- die Fluchtzeiten sowohl für die auslegungsgemäße (Bild 4) als für die realitätsnahe Räumung (Bild 6) im internationalen Vergleich eher lang sind. Nur für die USA, in denen für Vergnügungsstätten grundsätzlich Sprinkler vorgeschrieben sind (Anhang), ergeben sich längere Fluchtzeiten.
- aufgrund der im Vergleich zu anderen Ländern ebenfalls nur durchschnittlich hoch angesetzten Bemessungspersonendichte die realitätsnahen Räumungszeiten ebenfalls im hinteren Bereich liegen und
- insbesondere für kleine Versammlungsräume knapp unterhalb $A = 100 \text{ m}^2$ die Räumungszeiten einen absoluten Maximalwert erreichen, der in keiner anderen betrachteten Länderregelung auftritt und der zu einem erhöhten Personenrisiko führt.

Bezogen auf die verschiedenen Bemessungsregeln zeigt der Vergleich, dass die deutsche MVStättV hier sehr einfach und übersichtlich gehalten ist. Bestimmte Faktoren, die in anderen Regelwerken berücksichtigt werden und die in der Regel auch ingenieurwissenschaftlich abgesichert sind, berücksichtigt die MVStättV nicht:

- Kleinere Räume erfordern auf Grund des geringeren Verrauchungsvolumens prinzipiell kürzere Räumungszeiten als große Räume [10], [11]. Die Anforderungen für Wien und für Luxemburg berücksichtigen dieses explizit durch den unterschiedlichen Breitenbedarf pro Person (Tabelle 4). Für die übrigen Bemessungsregeln ergibt sich die Berücksichtigung aus dem Produkt aus Mindestbreite und Mindestanzahl von Ausgängen. Gemäß MVStättV ist allerdings bis $A = 100 \text{ m}^2$ nur eine Tür von 0,90 m Breite erforderlich, was zu einer Erhöhung der Räumungszeit führt.
- Die Berücksichtigung der Höhenlage eines Versammlungsraumes bzw. die Kompensation eines reduzierten spezifischen Personenflusses auf Treppen [2]

Gemäß der Mehrheit der betrachteten Regelwerke müssen Treppen breiter bemessen werden als horizontale Rettungswege (s.o.).

- Die Verwendung des ab der MVStättV 2002 eingeführten Modulkonzeptes mit einem diskreten Anstieg der erforderlichen Rettungswegbreite entspricht nicht den Beobachtungsergebnissen von Personenströmen und kann unter Einhaltung einer Mindestwegbreite von 1,2 m durch eine kontinuierliche Bemessung abgelöst werden (vgl. Bild 2 und Tabelle 4).
- Der geringe Bemessungswert der Personendichte von 2 p/m^2 wird in der Praxis für Vergnügungsstätten wie Diskotheken häufig nicht eingehalten (vgl. Bild 5c). Innerhalb des persönlichen Abstandsgefühls der meisten Besucher von Diskotheken wird eine Personendichte von ca. 4 p/m^2 offensichtlich als Teil des Veranstaltungserlebnisses gewollt und sollte auch zu Grunde gelegt werden.

DANKSAGUNG

Der Autor bedankt sich bei Dr. Cornelius Albrecht, Dieter Brein, Erica Ciapini, Gary Daniels, Svante Einarsson, Daniel Nilsson, Monika Oswald, Frank Röhl und Karl Wallasch für die Zurverfügungstellung und Interpretation der verschiedenen internationalen Regelwerke.

LITERATUR

- [1] Forell, B. (2004): Brandschutz in Diskotheken und ähnlichen Vergnügungsstätten - Bewertung der Anforderungen der Musterversammlungsstättenverordnung (Mai 2002) hinsichtlich realitätsnaher Evakuierungsszenarien. vfdb-Zeitschrift (53), Nr. 2, S. 95-103.
- [2] Predtetschenski, V. M.; Milinski, A. I. (1971): Personenströme in Gebäuden - Berechnungsverfahren für die Projektierung. Rudolf Müller Verlag, Köln-Braunsfeld.
- [3] Peschl, I. (1971). Untersuchungen über das Benehmen von großen Menschenmengen bei der Strömung durch Türen und Engpässe in Panik- oder Gedrängesituationen. VDI – Zeitschrift, Nr. 113, S. 13 – 16, Düsseldorf.
- [4] Pauls, J. L. (1980): Effective Width Model for Evacuation Flow in Buildings. In: Engineering Applications Workshop, Proceedings, Society of Fire Protection Engineers, Boston, USA.
- [5] Müller, K. (1981): Zur Gestaltung und Bemessung von Fluchtwegen für die Evakuierung von Personen aus Bauwerken auf der Grundlage von Modellversuchen. Dissertation, Universität Magdeburg.
- [6] Hoogendoorn, S. P.; Daamen, W. (2005): Pedestrian behavior at bottlenecks. Transportation Science Vol. 39 No. 2, S. 147 - 159, Baltimore.

- [7] Kretz, T.; Grünebohm, A.; Schreckenberg, M. (2006): Experimental study of pedestrian flow through a bottleneck. Journal of Statistical Mechanics, P10014.
- [8] DIN EN 13200:2004-05: Zuschaueranlagen – Teil 1: Kriterien für die räumliche Anordnung von Zuschauerplätzen – Anforderungen.
- [9] ARGEBAU: Begründung und Erläuterung zur Musterverordnung über den Bau und Betrieb von Versammlungsstätten. Fachkommission Bauaufsicht, Juni 2005. <http://www.is-ergebaut.de>
- [10] Forell, B. (2007): Niveau der Personensicherheit von Versammlungsstätten - Nachweis nach vfdb-Leitfaden. 56. vfdb Jahresfachtagung, Leipzig, 21 - 23 Mai, S. 294-317.
- [11] Forell, B.; Hosser, D. (2010): Assessment of Occupant Safety in Places of Assembly. 11th International Seminar on Fire Protection. German Fire Protection Association (vfdb). 8. und 9. Juni, Leipzig.

ANHANG

ANFORDERUNGEN AN DEN ANLAGENTECHNISCHEN BRANDSCHUTZ IN DISKOTHEKEN UND ÄHNLICHEN VERGNÜGUNGSSTÄTTEN

Anforderungen an anlagentechnische Brandschutzmaßnahmen wie Rauchabzüge oder automatische Brandbekämpfungseinrichtungen variieren ebenfalls von Land zu Land. Diese sind teilweise in der Lage, unterschiedliche Anforderungen an die Rettungswegbemessung zu kompensieren. Falls im Folgenden nicht näher erläutert, beziehen sich die Anforderungen immer auf Diskotheken und ähnliche Vergnügungsstätten in Erdgeschosslage.

In der Verordnung für Österreich/Wien befinden sich für Diskotheken (als „sonstige Veranstaltungsstätten“) keine expliziten Forderungen zu automatischen Löschanlagen oder zu Rauchabzugsanlagen.

In England und Wales werden für eingeschossige Gebäude keine Anforderungen an die Installation von automatischen Löschanlagen gestellt. Die maximale Versammlungsraumgröße in mehrgeschossigen Gebäuden ist 2000 m² ungesprinkelt und gesprinkelt 4000 m². Besondere Anforderungen an die Verwendung von Rauchabzügen bestehen nur für Atrien und mehrgeschossige Versammlungsstätten.

In Deutschland müssen Versammlungsstätten mit Versammlungsräumen von insgesamt mehr als 3600 m² Grundfläche mit einer automatischen Feuerlöschanlage ausgestattet sein, es sei denn, die Versammlungsräume sind jeweils nicht mehr als 400 m² groß. Darüber hinaus gelten weitere Anforderungen z. B.

in Abhängigkeit der Geschosslage. Anforderungen an die Entrauchung bestehen ab 200 m² Raumfläche, wobei von 200 m² bis 1000 m² eine pauschale Auslegung der RWA stattfindet und darüber eine Bemessung auf 2,5 m raucharme Schichthöhe vorzunehmen ist.

In Italien werden Sprinkleranlagen erst ab einer Brandbelastung von 50 kg/m² gefordert; bei Verwendung der Anlagen in Vergnügungsstätten wie Diskotheken dürfen die Rettungswege von 50 m auf 70 m verlängert werden. Ähnliches gilt für den Einsatz von Entrauchungsanlagen.

In Luxemburg müssen in Diskotheken, Ballsälen und Mehrzweck-Versammlungsräumen ab einer Raumgröße von 300 m², in Kellergeschossen ab 150 m², grundsätzlich maschinelle Rauchabzüge, die automatisch angesteuert werden, installiert werden. Automatische Löschanlagen können durch die zuständigen Behörden verlangt werden.

In Schweden und der Schweiz werden für Versammlungsräume keine generellen Anforderungen an anlagentechnische Maßnahmen erhoben. Anforderungen an die Rauchfreihaltung gelten vor allem für Rettungswege.

In den USA werden für Diskotheken und ähnliche Vergnügungsstätten als Folge der Brandkatastrophe in Warwick im Februar 2003 mittlerweile grundsätzlich Sprinkleranlagen gefordert. Für bestehende Vergnügungsstätten gilt die Anforderung ab 100 Personen.

SITZUNG 4

RAUCHABLEITUNG,
RAUCHFREIHALTUNG

Sitzungsleitung: D. Hosser, Braunschweig

GRUNDLAGENPAPIER ENTRAUCHUNG DES VDMA EXPERTENKREISES BAURECHT

Rüdiger Detzer
Imtech Deutschland GmbH & Co. KG, Hamburg

EINLEITUNG

Aufgrund der seit längerer Zeit andauernden Diskussionen zwischen der Wissenschaft und dem Baurecht über die Notwendigkeit und dem Umfang einer Entrauchung von Gebäuden im Brandfall hat sich der Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA) entschlossen, ein Grundlagenpapier zum Rauchabzug zu erarbeiten.

Das Grundlagenpapier [1] soll dabei helfen, das für die jeweilige Aufgabe passende Entrauchungskonzept zu erkennen.

ALLGEMEINES

Dem im Brandfall schnell und mit großem Volumen sich entwickelnden Brandrauch kommt für die Selbst- und die Fremdrettung, aber auch für den Löschangriff und den Sachschutz große Bedeutung zu. Dabei umfasst die Entrauchung alle technischen Maßnahmen und Mittel, um Rettungswege sowie Aufenthaltsbereiche für Personen im Brandfall raucharm zu halten, für die Feuerwehr die Sichtverhältnisse zu verbessern und dem Sachschutz gerecht zu werden.

Ein weiteres Schutzziel kann darin bestehen, die unkontrollierte Rauchausbreitung in benachbarte Räume zu unterbinden.

Dabei unterscheidet man zwischen natürlicher Entrauchung durch Ausnutzen der thermischen Auftriebskräfte und einer Entrauchung mit maschineller Unterstützung.

So lassen sich die Aufgaben für Entrauchungsanlagen wie in Bild 1 gezeigt, zusammenfassen.

Bei der Rauchableitung unterscheidet man drei verschiedene Grundprinzipien (Bild 2), auf die nachfolgend näher eingegangen wird:

1. Rauchableitung durch Verdünnen
2. Entrauchung durch Schichtung
3. Rauchabschnittsbildung (Bild 2).

Aufgaben der Entrauchungsanlagen

- Sicherung von Rettungswegen
 - bei Selbstrettung
 - bei Fremdrettung durch die Feuerwehr
- Brandbekämpfung
 - Lokalisation des Brandherdes
 - Verhinderung von Flash-over
- Bauteilschutz
 - Reduzierung der Brandraumtemperatur
 - Sicherstellung der Standsicherheit (Stahlbau)

Bild 1 Aufgaben von Entrauchungsanlagen

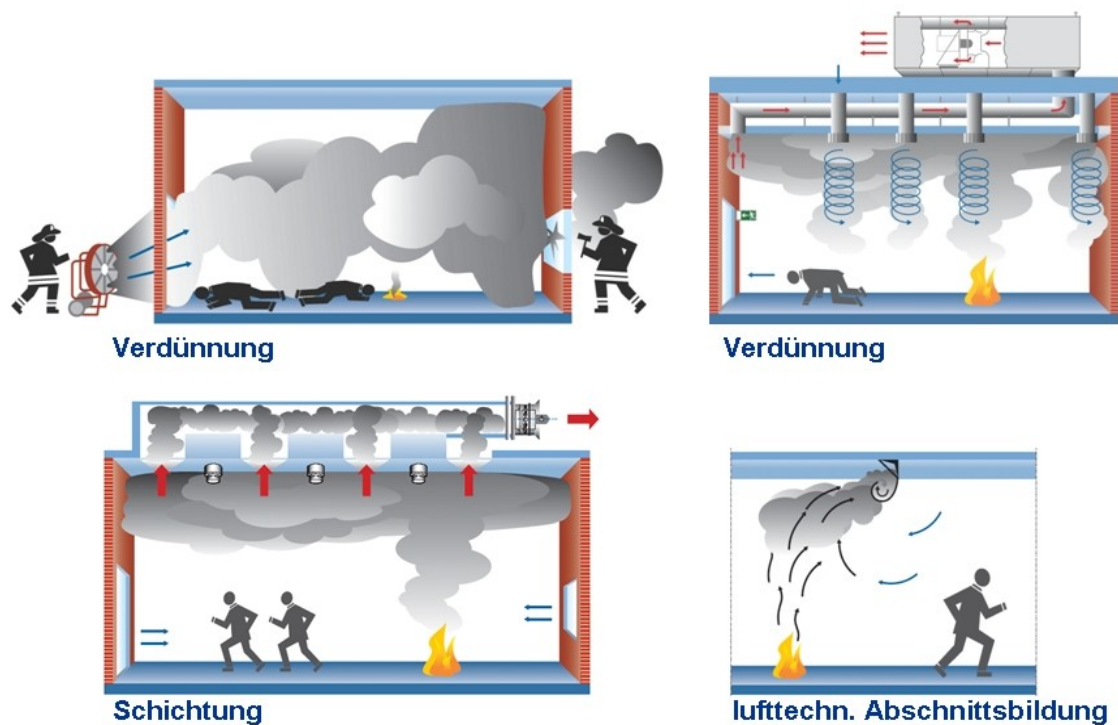


Bild 2 Prinzipien der Rauchableitung

RAUCHABLEITEN DURCH VERDÜNNEN

Bei dieser Art der Rauchableitung wird durch Einbringen unkontaminierter Außenluft in den vom Brandrauch berührten Bereich eine Verdünnung der Brandgase erreicht; jedoch ist damit immer ein vollständiges Verrauchen des Raumes verbunden.

Die Verdünnung kann insbesondere dann verwendet werden, die Rauchgas-temperatur zu senken und damit die Selbstentzündung noch unverbrannter Bestandteile im Brandrauch (flash over) zu verhindern.

Durch eine Verdünnung tolerierbare Sichtweiten oder Schadstoffkonzentrationen zu erreichen, ist prinzipiell möglich, erfordert jedoch einen unrealistisch hohen Aufwand. Bild 3 zeigt beispielhaft, welche Verdünnungsvolumenströme erforderlich sind, um bei einer Mischbrandlast eine Sichtweite von 10 m, bzw. 35 m auf ein reflektierendes Fluchtwegkennzeichen zu erreichen. Dabei ist nicht berücksichtigt, dass Brandrauch auch erhebliche Sichtbehinderungen durch Augenreizungen verursacht.

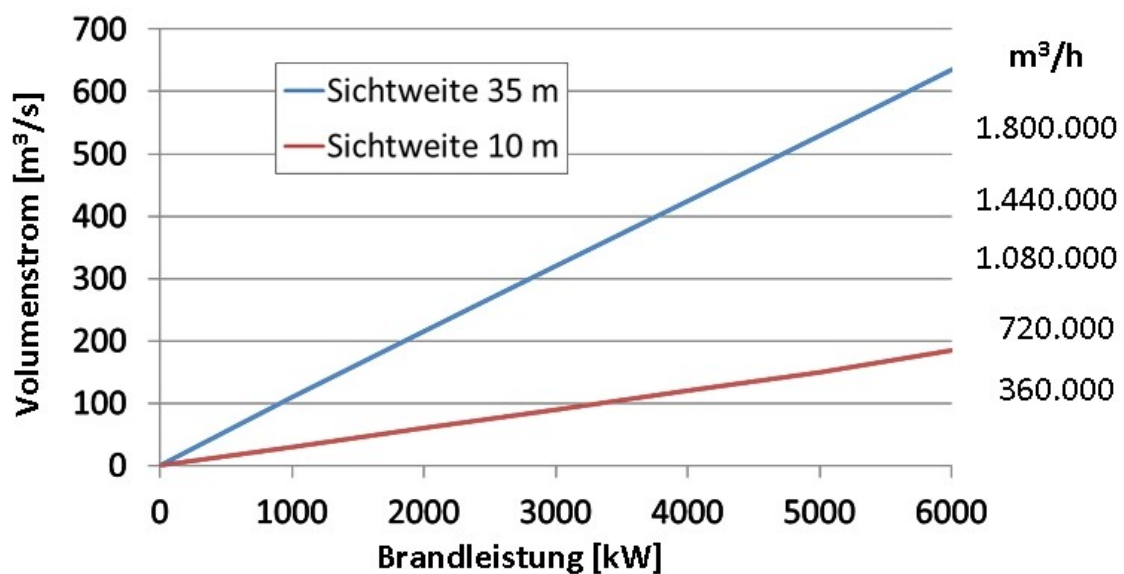


Bild 3 Verdünnungsvolumenstrom zur Herstellung von Sichtweiten (reflektierendes Fluchtwegkennzeichen, Mischbrandlast)

Zur Unterschreitung gesundheitsgefährdender Konzentrationen, z. B. von Kohlenmonoxyd ist ein Verdünnungsverhältnis von $v_{\min} = 160 - 200$ erforderlich.

Soll eine Selbstentzündung des Rauches verhindert werden, ist die Rauchgas-temperatur durch frühzeitiges Einspeisen eines hinreichend hohen Frischluftstromes in den verrauchten Raum zu begrenzen.

Werden maschinelle Entrauchungseinrichtungen eingesetzt, ist in jedem Fall die Schaffung von Nachströmeinrichtungen von entscheidender Bedeutung. Dabei kann die Einströmgeschwindigkeit relativ hoch gewählt werden, sodass die Nachströmflächen in ihren Abmessungen begrenzt bleiben.

ENTRAUCHUNG DURCH SCHICHTUNG

Bei der Entrauchung durch Schichtung werden durch strömungstechnische Maßnahmen zwei horizontal getrennte Schichten aufgebaut; eine unterhalb der Raumdecke sich aufbauende Rauchsicht und eine im Aufenthaltsbereich der Personen befindliche raucharme Schicht. Erreicht wird dies dadurch, dass der sich durch das Brandgeschehen entwickelnde Thermikstrahl Schadstoffe und Rußpartikel nach oben in den Deckenbereich transportiert. Auf dem Wege nach oben nimmt der Thermikstrahl Luft aus der Umgebung auf und vergrößert dabei sein Volumen und seine Masse, verringert aber seine Temperatur. Dieser eingemischte Luftanteil ist deutlich größer als der an der Brandstelle entstandene Rauchmassenstrom.

Der Thermikstrahl wird unterteilt nach dem Formierungsbereich im brandnahen Umfeld und dem Ähnlichkeitsbereich. Die Gesamtlauflänge ermittelt sich aus dem Abstand von der Brandfläche, zuzüglich des Abstandes des virtuellen Ursprungs z_0 .

Die Massenzunahme im Strahlformierungsbereich folgt einer anderen Gesetzmäßigkeit. Sie ist maßgeblich abhängig vom Umfang der Brandfläche

Damit eine Entrauchung stattfinden und der Thermikvolumenstrom im oberen Hallenbereich abgeführt werden kann, ist dieser abgeführte Volumenstrom im unteren Raumbereich bodennah und impulsarm durch unkontaminierte zugeführte Zuluft zu ersetzen. Unter diesen Bedingungen können sich die erwähnten Schichten im Raum ausbilden.

Die Schichtgrenze ergibt sich in einer Raumhöhe, in der der abgeführte Rauchvolumenstrom mit dem nach oben transportierten Volumenstrom übereinstimmt.

Da die Volumenzunahme überproportional mit dem Laufweg des Thermikstrahles erfolgt, ist die Höhe der angesetzten raucharmen Schicht von entscheidender Bedeutung für die Dimensionierung von Rauchabzugsanlagen.

In der Regel werden in Räumen von mehr als 200 m² Grundfläche erforderliche Schichthöhen von mindestens $h_{SG} = 2,5$ m über Boden angesetzt. Die dazu erforderlichen Volumenströme zeigt Bild 4.

Damit eine stabile Trennung der raucharmen Schicht und der Rauchsicht erhalten bleibt, sind einige Bedingungen einzuhalten. Entscheidend sind insbesondere die Einrichtungen zur Nachführung der unkontaminierten Außenluft; deren Größe, Anordnung im Raum und Ausführung sind bestimmend für die Qualität der Schichtung.

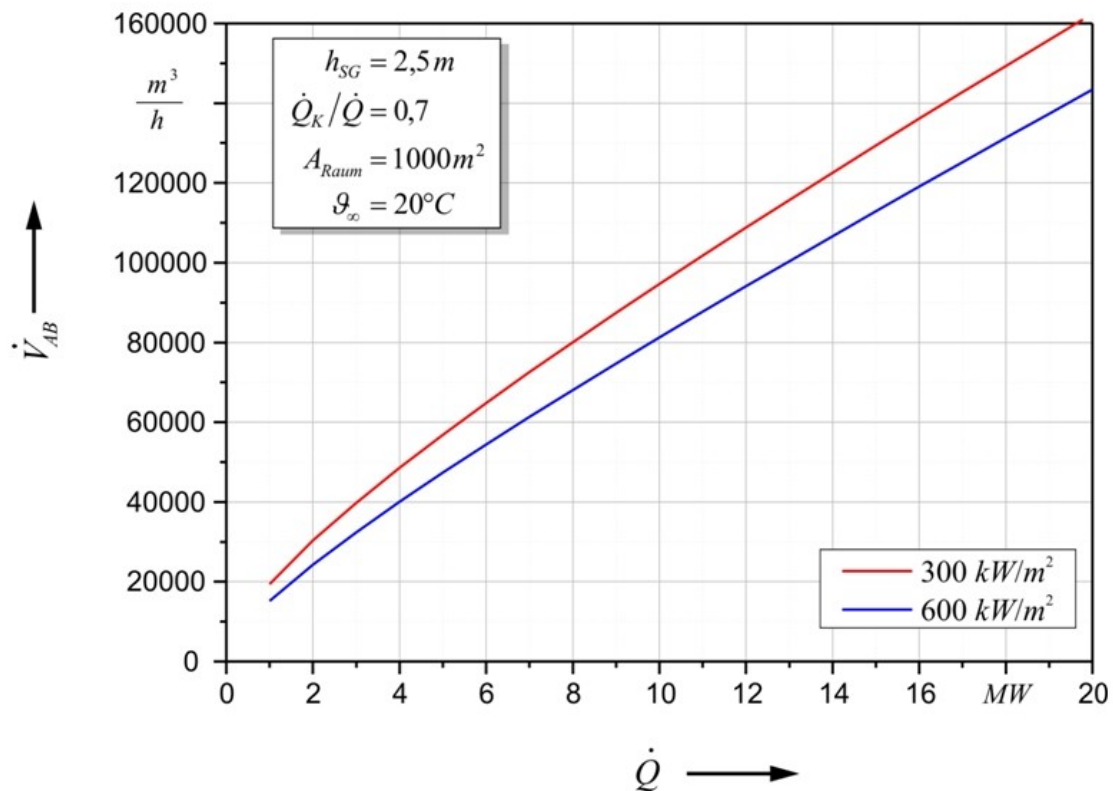


Bild 4 Erforderlicher Rauchvolumenstrom in einem 1000 m² großen Raum bei einer Schichtgrenze von 2,5 m

Natürliche Rauchableitung

Bei einer natürlichen Rauchableitung wird der zur Lufterneuerung notwendige Druckabfall an den Ausströmöffnungen (NRA-Einrichtungen) und den Nachströmöffnungen dadurch erreicht, dass der thermische Auftriebsdruck zwischen der Rauchsicht und der Außenluft als Antriebspotential genutzt wird. Bild 5 zeigt den grundsätzlichen Aufbau natürlicher Entrauchungsanlagen.

Dabei sind gemäß DIN 18232-2 [2] Rauchabschnitte zu bilden und die Rauchabschnittsflächen auf 1600 m² zu begrenzen.

Bei größeren Rauchabschnitten besteht die Gefahr, dass aufgrund der weiter vom Brandherd entfernten NRA-Einrichtungen der thermische Auftriebsdruck nicht mehr ausreicht, den Brandrauch abzuführen. Vielmehr finden an diesen NRA-Einrichtungen Nachströmungen in den Raum statt, was eine Gesamtverrauchung des Raumes bewirken kann (Bild 6).

Um dieses zu verhindern, kann in Räumen die Lüftungsanlage zur Nachführung von Zuluft mitverwendet werden, wenn die Anlage als „Schichtlüftungsanlage“ ausgeführt ist.

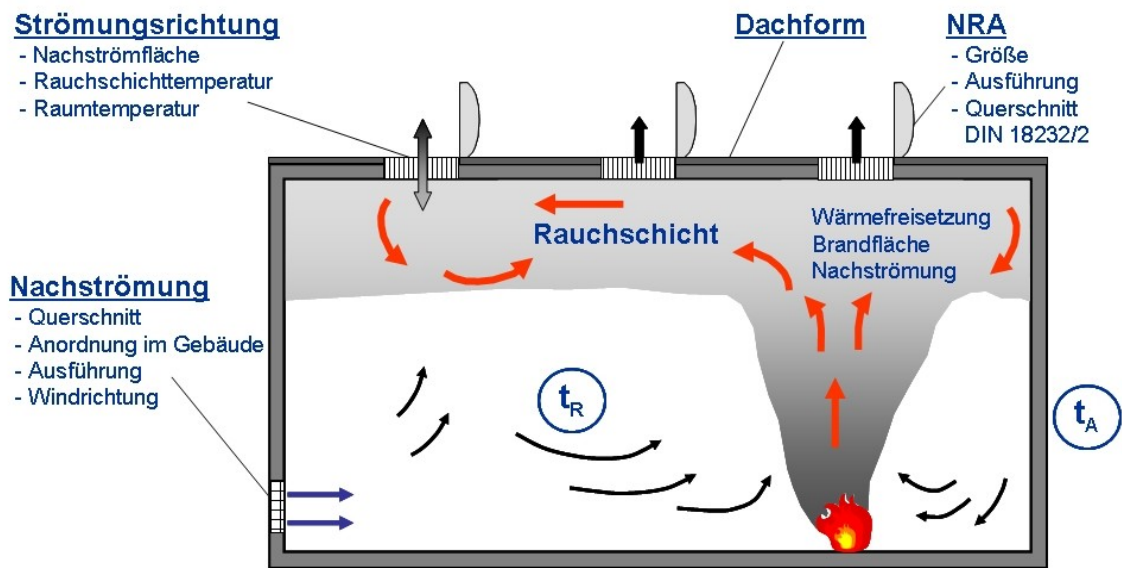


Bild 5 Einflüsse auf die natürliche Rauchableitung

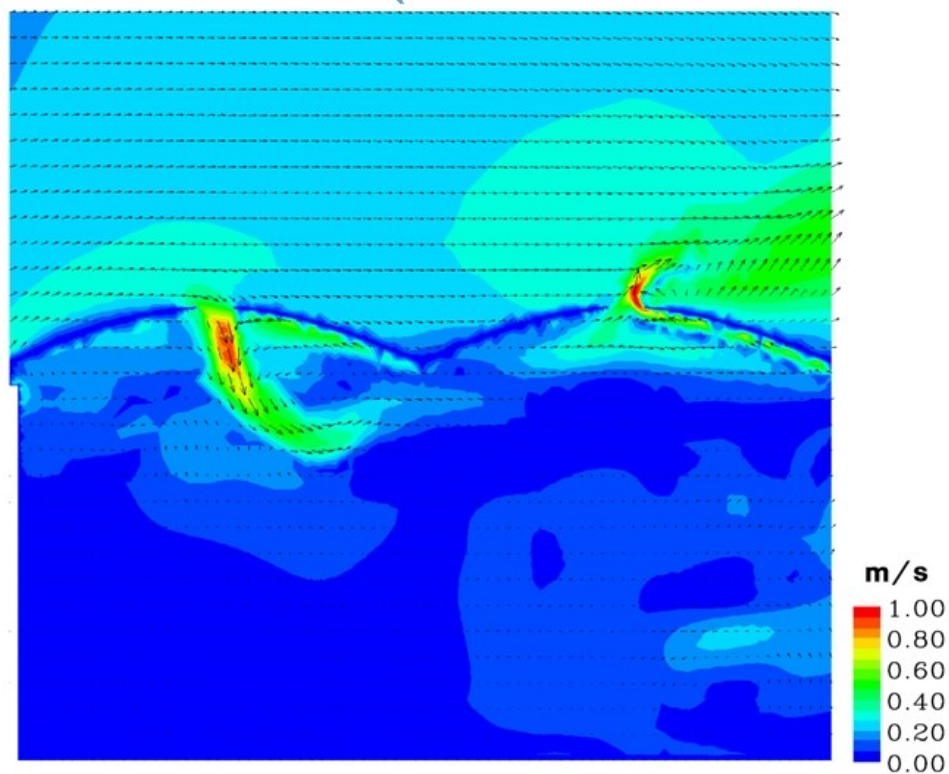


Bild 6 Nachströmen von Zuluft durch weiter vom Brandherd entfernte NRA-Einrichtungen (Simulationsergebnis)

Ist dies nicht der Fall, muss die Zuluftanlage sofort nach Detektion eines Brandes abgeschaltet werden. Es dürfen dann nur NRA-Einrichtungen geöffnet werden, die in dem vom Brand betroffenen Rauchabschnitt liegen. Weiter entfernt angeordnete Einrichtungen müssen geschlossen bleiben.

Darüber hinaus sind bei natürlicher Entrauchung auch die Temperaturverhältnisse zwischen der Raumlufte und der Außenluft zu beachten. Klimatisierte Hallen sind im Sommer nicht mit Schichtung zu entrauchen, da die im Raum befindliche kältere Luft beim Öffnen der Nachströmflächen nach unten abströmt und Warmluft von oben nachgesaugt wird, was den Aufbau von raucharmen Schichten nicht zulässt.

RAUCHABSCHNITTSBILDUNG

Rauchabschnittsbildung durch Rauchschürzen

Bei größeren Räumen ist es häufig erforderlich, Rauchabschnitte zu bilden, bzw. Gebäudebereiche so weit voneinander abzuschirmen, dass über einen längeren Zeitraum der Rauchübertritt von einem Gebäudeteil in den anderen verhindert wird. Dieses kann durch bauliche Maßnahmen wie Rauchschürzen oder Trennwände erfolgen. Sind derartige Lösungen nicht möglich oder aus architektonischen Gründen nicht erwünscht, können auch lufttechnische Maßnahmen in Form von Absaugungen zur Direkterfassung von Rauch eingesetzt werden. Die Auslösegruppen der automatischen Brandmeldeanlagen müssen auf die Rauchabschnitte abgestimmt sein.

Statische oder bewegliche Rauchschürzen, die von der Decke in den Raum hineinreichen, bilden zusammen mit den Wänden als bauliche Maßnahme die Grenze des Rauchabschnittes, die zu projektierende Rauchschichtdicke muss seitlich von der Rauchschürze gehalten und damit an einer weiteren horizontalen Ausbreitung gehindert werden. Damit kann die Rauchschichtdicke maximal der vorhandenen Rauchschürzenhöhe entsprechen.

Bei raucharmen Schichten > 4 m muss die Rauchschürzenunterkante noch 0,5 m in die raucharme Schicht hineinführen, um die bei diesen geringen Höhen besonders kritische Situation des Überlaufens von Rauch in benachbarte Abschnitte zu verhindern.

Soll eine Rauchschürze im normalen Nutzungsfall des Gebäudes nicht oder nicht in ihrer vollen Höhe sichtbar sein, können auch von der Decke abrollbare Konstruktionen eingesetzt werden. Damit solche beweglichen Rauchschürzen nicht mit eventuell vorhandenen Deckenkränen kollidieren, sind Sicherheitsmaßnahmen vorzusehen.

Rauchabschnittsbildung durch lufttechnische Maßnahmen

Ist die Ausbildung von Rauchabschnitten weder durch statische noch durch bewegliche Rauchschürzen möglich, können auch lufttechnische Maßnahmen zur Ausbildung von Rauchabschnitten eingesetzt werden. Hierzu gehören Rauch-Direkterfassungssysteme.

Hiermit verbunden sind:

- a) Durch die Erfassung des Rauches in unmittelbarer Nähe zum Brandherd wird die Lauflänge des Thermikstrahles minimiert und der in den Strahl eingetragene Luftanteil durch Induktionsprozesse reduziert. Damit verbunden ist auch eine Minimierung des abzusaugenden Rauchgasstromes.
- b) Die Rauchausbreitung im Raum wird im Wesentlichen verhindert.

Die Entwicklung der Direkterfassung erfolgte in Analogie zur Ableitung von Schadstoffen in der Industrie, bei der die beim Produktionsprozess entstehenden Gefahrstoffe möglichst unmittelbar an der Entstehungsstelle erfasst und abgeführt werden.

Bei Direkterfassungen handelt es sich strömungstechnisch um Senkenströmungen, die eine ausgesprochen geringe Tiefenwirkung aufweisen. Der Grund liegt in der raschen Geschwindigkeitsabnahme, ausgehend von der Absaugstelle, die in der 3. Potenz mit dem Abstand abnimmt.

Da Schadstoffströmungen, die aufgrund thermischer Einflüsse eine Eigenbewegung besitzen und nur sehr begrenzt durch Einzelabsaugungen erfasst werden können, ist vorzugsweise das im Folgenden beschriebene System anzuwenden.

Ist der Strömungsimpuls der zu erfassenden Strömung höher als der durch das Absaugungssystem bewirkte Strömungsimpuls in Richtung zur Absaugstelle, wird der Schadstoffstrom an der Erfassungsstelle vorbeigeführt.

Die zur Rauch-Direkterfassung geeigneten Erfassungselemente müssen folgende Eigenschaften aufweisen:

- Gleichförmiges linienförmiges Absaugen
- Der Unterdruck an der Erfassungsstelle muss mindestens so groß sein, dass der Strömungsimpuls einer mit Eigenbewegung ausgestatteten Rauchströmung aufgenommen werden kann.

Beide Forderungen werden von einer Strömungsform erreicht, die in der Natur bei Wirbelstürmen auftaucht. Die Basis für ein derartig um ein Zentrum mit hoher Umfangsgeschwindigkeit rotierendes Strömungsfeld bildet die Überlagerung von Unterdruckgebieten, die technisch durch zyklische Anordnung von Strömungssenken realisiert wird.

Die Umfangsgeschwindigkeiten in Zentrumsnähe erreichen dabei auch in kleinem Maßstab Werte von ca. 250 km/h. Damit verbunden sind Unterdrücke im Zentrum von $> 1\,000\text{ Pa}$, wie sie sonst mit keiner anderen Erfassungseinrichtung aufgebracht werden können.

Durch die auf logarithmischen Spiralen zum Zentrum verlaufenden Stromlinien wird der Stoffstrom in das Drallzentrum geleitet und dort zur Absaugstelle geführt.

Längs der Drehachse, die sich von Absaugung zu Absaugung erstreckt, bleiben die Unterdrücke konstant, sodass sich eine gleichförmige, linienförmige Erfassung einstellt.

Mit derartigen Erfassungseinrichtungen lassen sich u. a. folgende Problemfelder lösen:

- Verhinderung des Rauchübertritts in Gebäudeteile mit großen Raumhöhen oder an Treppenaufgängen
- Rauchfreihaltung von Galeriebereichen
- Aufbau nicht baulich getrennter Rauchabschnitte.

Typische Anwendungsbeispiele hierfür sind, neben den schon erwähnten Galerien, auch Gänge und Tunnel für ankommende Reisende in Flughäfen, Gepäckausgaben in Flughäfen oder Rauchabschnittsbildung in Tiefgaragen, z. B. an Auffahrtsrampen sowie Verbindungsgänge in unterirdischen Verkehrsanlagen.

Rauchabschnittsbildung bei geöffneten Türen

Da Rauch eine höhere Temperatur aufweist als die Luft der Umgebung, wird ein Druckgefälle zwischen der Rauchsicht und der Umgebung erzeugt, mit der Folge, dass bei hinreichend abgesunkener Rauchsicht Rauch unterhalb des oberen Türsturzes einer zwischen Brandraum und Umgebung geöffneten Türe abströmt. Um dieses zu verhindern, sind Luftströmungen erforderlich, die entgegen der Strömungsrichtung des Rauches in den Brandraum eintreten. Dies kann durch entsprechende Rauchabführung im Brandraum kaum erreicht werden.

Da die erforderlichen Luftströme abhängig sind von der Temperaturdifferenz zwischen Rauch und Umgebung, können zur Abschirmung von Türen erhebliche Luftströme erforderlich werden.

Wenn die notwendigen Luftströme durch eine andere Maßnahme nicht zur Verfügung stehen, kann die Türöffnung auch durch eine zusätzliche Luftschleiereinrichtung geschützt werden.

Durch die nach unten gerichtete Strömung des Luftschleiers wird in Verbindung mit der einströmenden Frischluft und der Rauchabführung aus dem Brandraum verhindert, dass Rauch über die Türöffnung in benachbarte Räume eindringt.

BEISPIELE FÜR DIE ENTRAUCHUNG VON GROSSGARAGEN UND HOCHREGALLAGERN

In dem Grundlagenpapier sind noch einige Beispiele angegeben, insbesondere für die Entrauchung von Garagen und Hochregallager.

Darüber hinaus finden sich im Anhang A Angaben zu Brandzersetzungsprodukten, ihrer Herkunft und Zusammensetzung. Anhang B zeigt eine Methode zur Berechnung der Sichtweite bei Rauch und in Anhang C sind Formeln und Daten zur Berechnung von Verdünnungsluftströmen aufgezeigt.

Im Anhang D sind einige Hinweise zur Auslegung von Rauchschutzdruckanlagen aufgeführt, die jedoch ausführlich in einem separaten VDMA-Papier beschrieben sind.

LITERATUR

- [1] VDMA-Grundlagenpapier Entrauchung (2012-09) – Unterstützende Maßnahmen für Selbst- und Fremddrettung, Löschangriff, Sach- und Umweltschutz. VDMA-Expertenkreis Baurecht, September 2012
- [2] DIN 18230-2:2007-11, Rauch- und Wärmefreihaltung – Teil 2: Natürliche Rauchabzugsanlagen (NRA); Bemessung, Anforderungen und Einbau

BAUORDNUNGSRECHTLICHE SCHUTZZIELE UND ANFORDERUNGEN AN DIE RAUCHABLEITUNG

Friedrich Mehl
Leipzig

EINLEITUNG

Eine Erläuterung der Schutzziele nach Bauordnungsrecht in besonderer Abstellung zu der damit im Einzelfall je nach Nutzung der Räume oder Gebäude und deren jeweiliger Größe erforderlichen Rauchableitung aus solchen Räumen war bereits Gegenstand der Ausführungen des Autors in den Jahren 2007 [1] und 2009 [2]; die allgemeinen Anforderungen zum Brandschutz nach Bauordnungsrecht lassen sich u.a. stellvertretend auch finden in [3], [4].

Anknüpfend an [2] aus dem Jahre 2009 und an das im gleichem Jahr nach eingehender Befassung mit der Sachfrage durch die Projektgruppe (PG) Brandschutz und durch die Fachkommission (FK) Bauaufsicht der Bauministerkonferenz (ARGEBAU) erschienene so genannte Grundsatzpapier [5] zur „Rettung von Personen“ und zu „wirksamen Löscharbeiten“ als bauordnungsrechtliche Schutzziele mit Blick auf die Entrauchung mit dem Titel „Grundsätze zur Auslegung des §14 der Musterbauordnung (MBO)“ [6] sowie ferner anknüpfend an die seinerzeitige teils massive (siehe z. B. [7]) wie auch noch zurzeit mittelbar geführte öffentliche Kritik (vgl. hierzu z. B. [8]) und Bezug nehmend auf die teils sehr persönlich gefassten Zuschriften an die FK Bauaufsicht der ARGEBAU wie auch an die Projektgruppe Brandschutz gibt es offensichtlich Anlass, die Thematik nochmals aufzugreifen. Dies gilt wohl auch für die von der Wirtschaft im Verbund mit wissenschaftlichen Gremien getragene Herausgabe des „VDMA-Grundlagenpapier Entrauchung“ [9]. Dabei sei hier versichert, dass alle Anmerkungen seitens der Wissenschaft wie auch die der Wirtschaft zur Sache ernst genommen werden und ein fairer Umgang miteinander unterstellt werden sollte. Insofern sollen aus der Sicht des Autors hier auch zu [9] einige Hinweise geben werden.

Gleichwohl es in vielen Fällen sicher angebracht ist, im Brandschutz „ein wenig mehr“ als der Gesetzgeber dem Planer vorgibt und der Bauherr leisten sollte als Maßnahme vorzusehen, so geht es hier jedoch in Abstellung auf die Schutzzielvorgaben nach Bauordnungsrecht um die Bestimmung der Maßnahme bezogen auf das jeweils zu leistende gebotene Mindestsicherheitsniveau. Es darf darauf hingewiesen werden, dass das Bauordnungsrecht mit den Schutzzielvorgaben nach § 14 MBO [6] „nur“ darauf abstellt: Bauliche Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass der Entstehung von Bränden und der Ausbreitung von Feuer und Rauch (Brandausbreitung) vorgebeugt wird und bei einem Brand die Rettung von Menschen und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten möglich sind. Die Betonung liegt dabei auf „Vorbeugen“ und auf der Schaffung bestimmter „Möglichkeiten“.

Diese „Mindestmaßnahmen“ zum Brandschutz müssen dann allerdings „im Bedarfsfall“ bezogen auf ihre Wirksamkeit im Einzelfall mit einer relativ hohen Zuverlässigkeit die Schutzzielanforderung (mit-) erfüllen, so dass mindestens die für den Regelfall für Standardbauten geltende gesellschaftlich akzeptierte Versagenswahrscheinlichkeit p_f von (weniger als) $1,3 \cdot 10^{-5}$ ([10], [11], [12]) eingehalten werden kann.

Diese akzeptierte Versagenswahrscheinlichkeit p_f versteht sich subsumtiv (oder mathematisch ausgedrückt „multiplikativ verknüpft“) bezogen auf alle vorgesehenen Einzelmaßnahmen baulicher oder anlagentechnischer Art und auf deren jeweilige Bemessung, Ausführung und Wirksamkeit (hier: Wirksamkeit in Abstimmung auf das geplante „Wirkprinzip“ einschließlich einer ggf. damit verbundenen Verknüpfung der Einzelmaßnahmen untereinander).

BAUORDNUNGSRECHTLICHES SCHUTZZIEL

Im Regelfall gibt es bei der Planung so genannter Standardbauten bei unmittelbarer Einhaltung der materiellen Anforderungen zum Brandschutz nach den Landesbauordnungen (LBO) bzw. nach der Musterbauordnung (MBO) keine größeren Problemstellungen in der Handhabung mit dem „Regelwerk“.

„Lediglich“ im Zusammenhang mit der baulichen und ggf. erforderlichen technischen bzw. anlagentechnischen Gestaltung der nach § 35 (notwendige Treppenräume) Abs.8, Satz 3, MBO [6] für innenliegende Treppenräume und notwendigen Treppenräume in Gebäuden mit einer Höhe von mehr als 13 m geforderten „Rauchableitungseinrichtung“ kann die Frage entstehen, welchem Schutzziel dient diese Einrichtung, so man sie denn stellen würde.

Die gleiche Fragestellung tritt allerdings gehäuft bei Sonderbauten – und hier auch bei so genannten geregelten Sonderbauten in Erfüllung der Anforderungen nach den Verordnungen oder Richtlinien der Länder (bzw. den Mustervorschriften der ARGEBAU – siehe: www.is-argebau.de) - in Zuordnung zu der jeweiligen Anforderung zur Rauchableitung auf.

Als Beispiele in Abstimmung auf die bisherigen Ausdrucksweisen in den zurzeit noch bestehenden Regeln sei verwiesen auf

§ 16 Abs. 1 der Muster-Verkaufsstättenverordnung (MVkVO) [13] :

„In Verkaufsstätten ohne Sprinkleranlagen müssen Verkaufsräume ohne notwendige Fenster nach § 44 Abs.2 MBO sowie Ladenstraßen Rauchabzugsanlagen haben.“

§ 16 Abs.1 der Muster-Versammlungsstättenverordnung (MVStättV) [14]:

„Versammlungsräume und sonstige Aufenthaltsräume mit mehr als 200 m² Grundfläche, Versammlungsräume in Kellergeschossen, Bühnen sowie notwendige Treppenräume müssen entrauchbar werden können.“

Obwohl nach §16 MVStättV Abs.1 in den folgenden Absätzen 2 bis 9 im Gegensatz zu §16 MVkVO konkrete Anforderungen in Untersetzung der allgemeinen Aussage nach Abs.1 gestellt werden, wird in allen Fällen das Schutzziel zur geforderten Rauchableitung (bisher) nicht näher benannt. Nunmehr wurde auch erkannt, dass insbesondere die Sätze 2 und 3 in § 7 (Bemessung der Rettungswege in der MVStättV – „Bei mehr als 5 m lichter Höhe ist je 2,5 m lichter Höhe über der zu entrauchenden Ebene für diesen Bereich eine Verlängerung der Entfernung um 5 m zulässig. Die Entfernung von 60 m bis zum nächsten Ausgang darf nicht überschritten werden.“ - im Rückschluss bezogen auf das Schutzziel zu einer Fehlinterpretation führen können.

Vorab zur nachfolgenden Analyse sei zur Klarstellung angemerkt:

Der o. g. Satz darf nicht so interpretiert werden, dass bei Inanspruchnahme der Regelung vordergründig auf das zu gewährleistende Schutzziel der Sicherung der Evakuierung auch bei verlängertem Weg abgestellt wird. Es wird vielmehr der Bezug hergestellt, dass bei hohen Räumen und insbesondere bei „üblichen Versammlungsräumen“ aufgrund der gegebenen besseren Übersichtlichkeit der Rettungswege und damit verbundenen besseren Orientierung für die Rettungskräfte zur Erfüllung deren Aufgabe eine längere Wegstrecke als hinnehmbar erscheint. Es sei eingeräumt, dass sich damit in aller Regel gleichzeitig im selben hinnehmbarem Maß die Fluchtweglänge verlängert, soweit die erforderlichen Ausgangsbreiten nach § 7 Abs.4 mit mindestens 1,20 m Ausgangsbreite je 200 darauf angewiesener Personen eingehalten sind sowie keine Gefahr einer längeren Staubildung und damit verbundenen Gefahr einer Panik besteht.

Diese „These“ zur notwendigen Absicherung gegenüber einer Gefahr von Panik im Falle längerer Verzögerungs- und/oder Stauzeiten für Personen wird in den später folgenden Ausführungen nochmals aufgegriffen. Gleichwohl wurde bereits seit geraumer Zeit erkannt, dass zur Vermeidung von Missverständnissen die erwähnten Passagen aus den bauordnungsrechtlichen Regelwerk zum Brandschutz dringend bzgl. der Wortwahl und Ausdrucksweise im Sinne von „Handlungsbedarf“ in Anpassung an das avisierte Schutzziel zu ändern sind.

Im Folgenden soll zunächst der „Handlungsbedarf“ aus allgemeiner Sicht noch etwas näher betrachtet werden, ehe die beabsichtigten Neuregelungen im Einzelnen kurz vorgestellt werden sollen und dann auch die unmittelbar schutzzielorientierten Handlungsempfehlungen nach dem VDMA-Grundlagenpapier [9] angesprochen werden sollen.

GRUNDSATZPAPIER DER FK BAUAUFSICHT

Ausgehend von der zuvor beschriebenen Analyse und dem Handlungsbedarf werden unter Ziffer I.3, I.4 und I.7 im so genannten Grundsatzpapier [5] Anforderungen an die Personenrettung formuliert und in [15] „autorisiert kommentiert“

(d. h. durch die Projektgruppe aufgestellt und beschlossen sowie durch FK Bauaufsicht zur Klarstellung bestätigt):

„I.3 Grundlagen der bauordnungsrechtlichen Anforderungen zur Rettung von Personen sind

- *die innere Abschottung von Gebäuden,*
- *die Führung, Bemessung und bauliche Ausbildung der Rettungswege sowie*
- *betriebliche/organisatorische und ggf. anlagentechnische Maßnahmen einschließlich der Alarmierung.“*

„I.4 Sind diese grundlegenden bauordnungsrechtlichen Anforderungen eingehalten (= im Normalfall), ist eine Rauchableitung nur zur Unterstützung der Brandbekämpfung durch die Feuerwehr vorgesehen.“

.....

„I.7 Für die Evakuierung(Räumung) großer Gebäude mit vielen Menschen sind aus Sicht des Bauordnungsrechts insbesondere die Faktoren „Zeit“ und „Vermeidung von Staus“ von Bedeutung. Beiden Faktoren wird bauordnungsrechtlich in erster Linie durch die Anordnung (Lage, Anzahl) und Breite der Ausgänge (und ggf. auch der Gänge im Raum) Rechnung getragen. Die Evakuierung (Räumung) großer Gebäude kann nicht nur aufgrund eines Brandes, sondern auch aus anderen Gründen (Terrordrohung / -anschlag, Amoklauf, Wassereinbruch, Teileinsturz etc.) erforderlich werden. Maßnahmen zur Rauchableitung können hierbei für eine schnelle Evakuierung keinen Beitrag leisten.“

Anmerkungen:

Durch das Zitat von Ziffer I.7 aus [5] mit dem darin enthaltenen letzten Satz ist klar, dass die inhaltliche Aussage abstellt auf die Vorgabe nach § 3 (Allgemeine Anforderungen) Abs. 1 MBO und die Feststellung zur „Rauchableitung“ überhaupt nicht anders lauten kann!

In dem Zusammenhang sei jedoch ergänzend festgestellt und „der guten Ordnung halber“ festgehalten:

Das Bauordnungsrecht regelt allerdings nicht die Aufgaben der Feuerwehr, die Aufgaben ergeben sich aus den Feuerwehrgesetzen der Länder (siehe hierzu auch [15]). Das Bauordnungsrecht bestimmt „nur“ die baulichen und damit in Verbindung stehenden technischen Voraussetzungen als Maßnahmen („Mindestmaßnahmen“) zur (möglichen) Erfüllung der Aufgaben der Feuerwehr, so dass eine Rettung von Personen „überhaupt“ möglich werden kann und wirksame Löscharbeiten ihrerseits in diesem Sinn durchgeführt werden können.

Damit wurde hier nochmals vom Grundsatz her das zu einer nach Bauordnungsrecht geforderten Rauchableitung aus einem Raum zugeordnete Schutzziel abgeleitet. Aus theoretischer Sicht muss natürlich zunächst das Schutzziel definiert und dann die Maßnahme bestimmt werden. Das möge historisch gesehen „über die Generationen der Überarbeitung des Regelwerkes“ nicht immer ganz so vollkommen durchgängig und immer auch ganz sachgerecht in der Ausdrucksweise „abgelaufen sein“; dies möge hier aber nicht weiter kommentiert werden.

Abschließend sei zur vorstehenden „Ableitung“ allerdings ausdrücklich eingeräumt, dass bauordnungsrechtlich geforderte Maßnahmen zur Rauchableitung aus Räumen und insbesondere auch darüber hinausgehende Maßnahmen zur Rauchableitung durchaus positive Effekte für eine notwendige Evakuierung im Brandfall haben können. Dies wird aber eben aus dem benannten Grund „planmäßig“ (s. o.) gerade so in Abstimmung auf das Schutzziel zur Rauchableitung (hier: zur Verbesserung der Situation für den Fall einer notwendigen Evakuierung aus „allgemeiner Sicht“ in Abstimmung auf § 3 Abs.1 MBO) im Regelfall nicht gefordert und dies kann daraus folgend auch nur in bestimmten Einzelfällen und damit nur unter ganz bestimmten Randbedingungen bauaufsichtlich toleriert bzw. akzeptiert werden. Dies bedeutet, dass eine Evakuierung ohne größere Staubbildung und in einem angemessenen Zeitraum im Regelfall auch ohne Maßnahmen zur Rauchableitung möglich sein muss.

Diese Randbedingungen sollen im Rahmen dieser Abhandlung später im Zusammenhang mit den diesbezüglichen Hinweisen zu [9], [16] und [17] kurz behandelt werden.

ERFOLGTE UND BEABSICHTIGTE NEUREGELUNGEN

Im Zuge der ohnehin der Projektgruppe(PG) Brandschutz der Fachkommission(FK) Bauaufsicht der ARGEBAU gestellten Aufgabe, die so genannten „Sonderbauvorschriften“ (hier: „Bauaufsichtliche Muster-Richtlinien“ oder „Muster-Vorschriften“ zu Sonderbauten; Sonderbauten entsprechend der „Definition“ nach § 2 Abs.4 MBO) an die Muster-Bauordnung (MBO) [6] anzupassen, wurde der zuvor beschriebene Handlungsbedarf zur Rauchableitung in die Aufgabe einbezogen.

Ein Teil der Aufgabe wurde bereits vollzogen, als Beispiel sei erwähnt:

Muster-Schulbau-Richtlinie (MSchulbauR), Fassung April 2009;
Ziffer 6 (Rauchableitung):

„Hallen müssen zur Unterstützung der Brandbekämpfung entrauchet werden können. Dies gilt als erfüllt, wenn sie entweder an der höchsten Stelle Rauchableitungsöffnungen mit einer freien Öffnungsfläche von insgesamt 1 Prozent der Grundfläche oder im oberen Drittel der Außenwände Fenster oder Türen mit einer freien Öffnungsfläche von insgesamt 2 Prozent der Grundfläche haben.“

Ferner wurden für die Neufassung der Muster-Industrieindustrialbaurichtlinie (M IndBauRL) und für weitere Muster-Sonderbauvorschriften bzw. Muster-Richtlinien zu Sonderbauten zu der zu gewährleistenden Möglichkeit der Entrauchung (erforderliche Entrauchung zur Gewährleistung der Brandbekämpfung) entsprechende Fassungen durch die PG Brandschutz vorbereitet, die im Folgenden auszugsweise zitiert werden werden:

Entwurf zur Muster-Industrieindustrialbaurichtlinie (M IndBauRL), Fassung 25.01.2012

Auszug:

„5.7 Produktions- und Lagerräume sowie Ebenen mit mehr als 200 m² Grundfläche müssen zur Unterstützung der Brandbekämpfung entraucht werden können.

5.7.1 Rauchableitung für Produktions- und Lagerräume ohne Ebenen ...

5.7.1.1 Die Anforderung gilt als erfüllt für Produktions- und Lagerräume

- *wenn diese Räume Rauchabzugsanlagen haben, bei denen je 400 m² der Grundfläche Rauchabzugsgeräte mit insgesamt 1,5 m² aerodynamisch wirksamer Fläche im oberen Raumdrittel angeordnet werden,*
- *je höchstens 1600 m² Grundfläche mindestens eine Auslösegruppe für die Rauchabzugsgeräte gebildet wird sowie*
- *Zuluftflächen im unteren Raumdrittel von insgesamt mindestens 12 m² freien Querschnitt vorhanden sind.“*

Anmerkungen (siehe dazu auch [2]):

Die o. g. Regelung gilt zunächst für Räume ohne selbsttätige Feuerlöschanlage und für den „Regelfall“, dass keine Werkfeuerwehr vorhanden ist.

Für den Fall der Wahl einer maschinellen Rauchabzugsanlage (MRA) wurde eine äquivalente / entsprechende Regelung aufgenommen (Mindest-Volumenstrom erf. V_{ab} von 10 000 m³/h je 400 m² Bezugsgrundfläche; Zuluftflächen sind so zu bestimmen, dass die Strömungsgeschwindigkeit v_{zu} maximal 3 m/s beträgt; der Ansatz 10000 m³/h je 400 m² für eine MRA entspricht im Vergleich zu dem Ansatz für eine natürlich wirkende Rauchabzugsanlage (NRA) mit 1,5m² erforderlicher aerodynamisch freier Fläche je 400 m² Grundfläche in etwa der bekannten „Faustformel“: erf. $V_{ab} = 2 \text{ m}^3 \text{ je } 1\text{m}^2$ erforderlich aerodynamisch freier Fläche A_w .)

Es erscheint hier ausreichend, wenn die Zuluftflächen für Räume größer als 1600 m² Grundfläche nur für eine Bezugsfläche von 1600 m² vorhanden sind.

Die Regelung erf. $A_w = 1,5 \text{ m}^2 \text{ je } 400 \text{ m}^2$ Grundfläche folgt aus einem einfachen Be rechnungsansatz in Abstimmung auf die bekannte Plume-Formel nach Zukoski mit einer Energiefreisetzung von $Q = 1,5 \text{ MW}$ und einer raucharmen Schicht von $2,5 \text{ m} \leq z \leq 4,0 \text{ m}$ und einem so bestimmten Massestrom von ca.

8 kg/s und bei Beschränkung der Zu- wie Abluftgeschwindigkeit auf 2,0 m/s (Fiktive Rauchabschnittsfläche von 1600 m² und einem „Teilsicherheitsbeiwert“ von 1,5 zur Bestimmung von erf. A_w aus dem formalen Rechenergebnis zu A_w); der Ansatz dürfte in Abstimmung auf das Schutzziel zur Leistung eines Beitrages zur Sicherung der Brandbekämpfung durch die Feuerwehr hinreichend weit auf der sicheren Seite liegen.

Entwurf der PG Brandschutz zu § 16 (Rauchableitung) einer Neufassung zur Muster-Versammlungsstättenverordnung (MVStättV), Stand 17.07.2012

Auszug:

„§ 16 (Rauchableitung)

(1) Versammlungsräume, sonstige Aufenthaltsräume, Magazine und Lager Räume mit mehr als 200m² Grundfläche, Bühnen und Szenenflächen sowie notwendige Treppenträume müssen zur Unterstützung der Brandbekämpfung entraucht werden können.

(2) Die Anforderung des Absatzes 1 gilt als erfüllt für

- 1. Versammlungsräume und sonstige Aufenthaltsräume bis 200 m² Grundfläche, wenn diese Räume Fenster nach § 47 Abs.2 MBO (2002) haben,*
- 2. Versammlungsräume, sonstige Aufenthaltsräume, Magazine und Lager Räume mit nicht mehr als 1000 m² Grundfläche, wenn diese Räume entweder an oberster Stelle Öffnungen zur Rauchableitung mit einem freien Querschnitt von insgesamt 1 v. H. der Grundfläche oder in den Außenwänden Öffnungen 2 v.H. der Grundfläche haben und die Öffnungen im oberen Drittel der Außenwand ... sind; die Zuluftflächen müssen insgesamt in gleicher Größe im untere Raumdrittel vorhanden sein.*
- 3. Versammlungsräume, sonstige Aufenthaltsräume, Magazine und Lager Räume mit mehr als 1000 m² Grundfläche, wenn diese Räume Rauchabzugsanlagen haben, bei denen je höchstens 400 m² Grundfläche mindestens ein Rauchabzugsgerät mit mindestens 1,5 m² aerodynamisch wirksamer Fläche im oberen Raumdrittel angeordnet wird, je höchstens 1600 m² Grundfläche mindestens eine Auslösegruppe für die Rauchabzugsgeräte gebildet wird sowie Zuluftflächen im unteren Raumdrittel von insgesamt mindestens 12 m² freiem Querschnitt vorhanden sind,*
- 4.*
- 5.*
- 6.*

(3) Die Anforderung des Absatzes 1 gilt auch als erfüllt, wenn in den Fällen des Absatzes 2 Nrn. 1 bis 3 maschinelle Rauchabzugsanlagen mit einem Luftvolumenstrom von 10000 m³/h je 400m² Grundfläche der Räume angeordnet werden; bei Grundflächen über 1600m² genügt ein zusätzlicher Luftvolumenstrom von 5000 m³/h je weitere 400 m² Grundfläche. Die Zuluftflächen müssen im unteren Raumdrittel in solcher Größe angeordnet werden, dass eine maximale Strömungsgeschwindigkeit von 3m/s nicht überschritten wird.

.....

(9) Maschinelle Rauchabzugsanlagen sind für eine Betriebszeit von 30 Minuten bei einer Rauchgastemperatur von 300 °C aus zulegen; die Zuluftzuführung muss durch automatische Ansteuerung und spätestens gleichzeitig mit Inbetriebnahme der Rauchgasventilatoren erfolgen. Maschinelle Lüftungsanlagen können als maschinelle Rauchabzugsanlagen betrieben werden, wenn sie die an diese gestellten Anforderungen erfüllen. „

Anmerkungen:

Für bestimmte Fälle sind in Abstimmung auf das Schutzziel (Beitrag zur Gewährleistung der Brandbekämpfung) weitere Erleichterungen vorgesehen, z. B. für Versammlungsräume $\leq 1000 \text{ m}^2$ und solche mit Sprinkleranlagen.

Nach Auffassung des Verfassers erscheint es ferner als zulässig:

- Für solche Räume bis 1600 m^2 Grundfläche die Zuluftflächen bzw. den Zuluftstrom auf die Größe der Fläche bzw. des Stromes der erforderlichen Abluft zur Entrauchung zu begrenzen.
- Für solche Räume größer 1600 m^2 Grundfläche im Falle einer MRA diese so über eine Brandmeldeanlage/ Brandmeldezentrale zu steuern, dass nur eine auf eine Fläche von 1600 m^2 bezogene Entrauchung wirkt.

Entwurf der PG Brandschutz zu §16(Rauchableitung) einer Neufassung zur Muster-Verkaufsstättenverordnung (MVkV), Stand 17.07.2012

Auszug:

„§ 16 (Rauchableitung)

(1) In Verkaufsstätten müssen Verkaufsräume und sonstige Aufenthaltsräume, Lagerräume mit mehr als 200 m^2 Grundfläche, Ladenstraßen sowie notwendige Treppenräume zur Unterstützung der Brandbekämpfung entraucht werden können.

(2) Die Anforderung des Absatzes 1 gilt als erfüllt für

- 1. Verkaufsräume und sonstige Aufenthaltsräume bis 200 m^2 , wenn die Räume Fenster nach § 47 Abs.2 MBO haben,*
- 2. Verkaufsräume, sonstige Aufenthaltsräume und Lagerräume mit nicht mehr als 1000 m^2 Grundfläche, wenn diese Räume entweder an oberster Stelle Öffnungen zur Rauchableitung mit einem freien Querschnitt von insgesamt 1 Prozent der Grundfläche oder in den Außenwänden Öffnungen, Türen oder Fenster mit einem freien Querschnitt von insgesamt 2 Prozent der Grundfläche haben und die Öffnungen, Türen oder Fenster im oberen Drittel der Außenwand angeordnet sind; Zuluftflächen müssen in insgesamt gleicher Größe im unteren Raumdrittel vorhanden sein,*

3. Verkaufsräume, sonstige Aufenthaltsräume und Lagerräume mit mehr als 1000 m² Grundfläche, sowie Ladenstraßen, wenn diese Räume und Ladenstraßen Rauchabzugsanlagen haben, bei denen je höchstens 400 m² der Grundfläche mindestens ein Rauchabzugsgerät mit mindestens 1,5 m² aerodynamisch wirksame Fläche im oberen Raumdrittel angeordnet wird, je höchstens 1600 m² Grundfläche mindestens eine Auslösegruppe für die Rauchabzugsgeräte gebildet wird sowie Zuluftflächen im unteren Raumdrittel von insgesamt mindestens 12 m² freiem Querschnitt vorhanden sind,
4. notwendige Treppenräume nach § 35 Abs.3 Satz 1 MBO, wenn diese Treppenräume an oberster Stelle eine Öffnung zur Rauchableitung mit einem freien Querschnitt von mindestens 1 m² haben, und
5. innenliegende notwendige Treppenräume notwendiger Treppen, wenn diese Treppenräume Rauchabzugsgeräte mit insgesamt mindestens 1,0 m² aerodynamisch wirksamer Fläche haben, die im oder unmittelbar unter dem oberen Treppenraumabschluss angeordnet werden und Zuluftflächen im Erdgeschoss von mindestens 2 m² freiem Querschnitt vorhanden sind.“

Anmerkungen:

Ladenstraßen werden explizit bzgl. der erforderlichen Rauchableitung unter § 16 aufgeführt (s.o.). Damit entfällt die Möglichkeit der Fehlinterpretation zu § 10 Abs.3 MVkV, Ausgabe 1995. Dies bedeutet: Ladenstraßen müssen grundsätzlich Rauchabzugsanlagen haben. Dies gilt unabhängig von der Rettungsweggestaltung im Einzelnen gemäß nachfolgender Anmerkung.

Zur Problemstellung der möglichen Verlängerung der Rettungswege über Ladenstraßen soll geregelt werden:

Der erste Rettungsweg aus einem Verkaufsraum darf eine zusätzliche Länge bis zu 35 m auf der Ladenstraße haben, soweit kein erforderlicher zweiter Rettungsweg aus diesem oder aus anderen Verkaufsräumen über diese Ladenstraße führt.

Zur Vermeidung einer Verschärfung gegenüber der bisher maßgebenden Regelung wird hier vorgeschlagen, die Bestimmung abzustellen auf „Ladenstraßenabschnitt“, sodass auch „zweite bauliche Rettungswege“ über eine Ladenstraße führen können, diese Wege jedoch entgegengesetzt gerichtet sind und nicht über denselben Ladenstraßenabschnitt führen, wie die „ersten baulichen Rettungswege“.

SONDERFÄLLE - BEHANDLUNG VON RETTUNGSWEGEN ALS EVAKUIERUNGSWEGE BEI SONDERBAUTEN MIT GRÖßEREN PERSONENANSAMMLUNGEN

Im Regelfall bedarf es zur Gewährleistung der Entfluchtung von Personen aus Standardbauten und zur Sicherung der Evakuierung von Sonderbauten bei strikter Einhaltung der bauordnungsrechtlichen Vorgaben zu den Rettungswegen nach der jeweiligen Landesbauordnung (bzw. nach der Musterbauordnung – MBO) in Verbindung mit den Vorgaben nach den bauaufsichtlichen Vorschriften zu Sonderbauten keiner zusätzlichen Maßnahmen zur Rauchableitung in Abstimmung auf das benannte Schutzziel „Sicherung der Entfluchtung“ bzw. „Sicherung der Evakuierung“ (s. o.), soweit man davon absieht, dass bei so genannten Sicherheitstreppe nräumen (vgl. Ziffer 4.2 und 6.2 der Muster – Hochhaus-Richtlinie- MHHR; Fassung April 2008) dies gerade dafür hier gefordert wird (siehe Ziffer 6.2.2 MHHR) und nicht die bauliche Lösung mit Zugang zum Sicherheitstreppe nräum über einen so genannten „offenen Gang“ seitens des Planers gewählt worden ist.

Im Fall vorhandener so genannter „überlanger Rettungswege“ bei denen die Gesamtlänge gegenüber der bauordnungsrechtlich zulässigen Rettungsweglänge größer ist, liegt grundsätzlich

- ein Abweichungsfall nach §67 Abs.1 MBO vor, soweit eine Rechtsnorm (Gesetz oder Verordnung, wie z. B. die Versammlungsstätten-Verordnung eines Bundeslandes betroffen ist) betroffen ist oder
- es liegt ein Abweichungsfall nach §3 Abs.3 Satz 3 MBO vor, soweit von einer eingeführten Technischen Baubestimmung (z. B. von einer eingeführten bauaufsichtlichen Richtlinie zum Bau und Betrieb eines Sonderbaues, wie der Industriebaurichtlinie) eine Abweichung erlangt werden soll.

Der konkrete Einzelfall bestimmt, welcher Abweichungsfall vorliegt; die damit verbundene bauaufsichtliche Behandlung der Abweichung ist unterschiedlich bereits aus formaler Sicht und teils erheblich unterschiedlich auch aufgrund der doch auch diesbezüglich jeweils teils erheblich unterschiedlichen Vorschriftenlage in den Bundesländern als Maßgabe für die jeweils zuständige Bauaufsichtsbehörde. Für alle Fälle muss aber zur Kenntnis genommen werden, dass es sich um einen Abweichungsfall jeweils handelt und der nicht nur im engeren Sinn Belange des Brandschutzes nach §14 MBO berührt sondern eben auch und insbesondere die bereits beschriebenen „erweiterten Belange“ nach §3 MBO in Abstimmung auf das Schutzziel „Sicherheit und Ordnung“.

In Abstimmung auf den „Problemfall“ eines „überlangen Rettungsweges“ ist aus fachlicher Sicht zunächst nicht allein eine Überschreitung der „zulässigen Weglänge“ bei Einhaltung der sonstigen bauordnungsrechtlichen Vorgaben zur Ausbildung der Rettungswege (hier: Weg im Raum, Weg über den/die notwendigen Flure und Weg über den/ die notwendigen Treppenträume) nur von Bedeutung und soweit insbesondere auch die erforderlichen Durchgangsbreiten in

Abstellung auf die Anzahl der auf die Durchgänge/Ausgänge angewiesenen Personen eingehalten werden, vielmehr und von primärer Bedeutung ist, dass bei Evakuierungswegen für eine größere Personenanzahl überhaupt ein Verlassen der Räume und des Gebäudes in jeweils einem hinnehmbaren Zeitraum und ohne größere Verzögerung und/oder Staubildung hinreichend sicher als gegeben bzw. möglich angesehen werden kann; an dieser Stelle sei hier nochmals auf die Aussagen unter Ziffer I.7 in [5] verwiesen.

Entsprechend zahlenmäßige „Vorgaben“ für eine Evakuierungsberechnung und zu einer entsprechenden Nachweisführung wurden vom Verfasser relativ konkret bereits in [4] und [18] getroffen, siehe vergleichsweise auch [19]; [4] enthält zudem noch einen übernommenen Vorschlag in Abstellung auf die Bewegungsparameter für „Wege horizontal“ und „Wege Treppe abwärts“ zur Vereinheitlichung der Nachweisführung in Abstellung auf das Berechnungsverfahren nach Predtetschenski/Milinski [20]. Im Übrigen sei dazu angemerkt:

- Das Handrechenverfahren nach Predtetschenski/Milinski [20] ist bisher das wohl tatsächlich einzig glaubhaft validierte Verfahren (vgl. dazu [16], Seite 270), da dieses in Verbindung mit darauf aufbauenden PC-Simulationsprogrammen durch weitere Versuche quasi nochmals unabhängig bestätigt worden ist, sieht man einmal von Abweichungen in hinnehmbarer Größenordnung ab (siehe zu den vergleichenden Berechnungen auf der Basis einer Reihe von so genannten Individualmodellen – Rechenprogrammen – auch [21]); das Handrechenverfahren [20], [22] ist somit verifiziert, kann wohl als hinreichend sicher und damit als validiert gelten.
- Die in [2](Anhang) und [4] ausgehend von [18] mit Bezug auf DIN EN 13200-1:2004:05 [19] vorgeschlagenen „zulässigen“ Flucht- bzw. Evakuierungszeiten (siehe hierzu auch [21]):
 - rechnerische Fluchtzeit aus Räumen $t_{\text{Flucht; Raum}} \leq 2 \dots 3 \text{ min}$
 - rechnerische Fluchtzeit aus Gebäuden $t_{\text{Flucht; Gebäude}} \leq 6 \dots 8 \text{ min}$

verstehen sich als rechnerische Zeiten ohne Berücksichtigung zusätzlicher Zeiten aus der Zeitspanne von Brandausbruch bis Reaktion.
Zudem gilt als

 - „zulässige Einzelstau-Stauzeit“ $t_i \leq 1,0 \text{ min}$

Hierzu sei der von der PG Brandschutz in die FK Bauaufsicht eingebrachte Textvorschlag zum Entwurf (Stand 14.05.2012) zur Musterbauvorlagenverordnung (MBauVorIV) („vorab“) vorgestellt.

„§ 11 Brandschutznachweis

(1)

(2) *Bei Sonderbauten, Mittel- und Großgaragen müssen, soweit es für die Beurteilung notwendig ist, zusätzliche Angaben gemacht werden insbesondere über:*

1. brandschutzrelevante Einzelheiten der Nutzung, insbesondere auch die Anzahl und Art der die baulichen Anlage nutzenden Personen sowie Explosions- oder erhöhte Brandgefahren, Brandlasten, Gefahrstoffe und Risikoanalysen,
2. a) Rettungswegbreiten und –längen, Einzelheiten der Rettungswegführung und –ausbildung einschließlich Sicherheitsbeleuchtung und –kennzeichnung,
b) Stau- oder Verzögerungszeiten an Ausgängen ins Freie, zu notwendigen Fluren und notwendigen Treppen, sofern in einem Raum mehr als 500 Personen vorhanden sein können oder
c) Stau- oder Verzögerungszeiten in Rettungswegen mit zwei und mehr notwendigen Treppen und insgesamt mehr als 1000 darauf angewiesenen Personen oder bei einem Sicherheitstreppenraum und mehr als 500 darauf angewiesenen Personen in der baulichen Anlage
.....“

Damit wird mittelbar eine Evakuierungsberechnung zur Ausweisung der o. g. Anforderung verlangt, soweit mehr als 500 Personen rechnerisch auf einen Fluchtwegabschnitt „i“ in eine Richtung angewiesen sind. Die Annahme / der Ansatz einer Blockierung eines Fluchtweges wird wie bisher im Falle der vereinfachten Nachweisführung über die Beziehung der erforderlichen Ausgangsbreite in Abhängigkeit der Anzahl der Personen (z. B. in der Form: erf. $b = 1,20\text{m je } 200\text{Pers.}$) nicht verlangt, gleichwohl wird dies für die Fälle von erheblich mehr als 1000 Personen und mehr als zwei zur Sicherung der Evakuierung erforderlichen notwendigen Ausgänge, Treppen oder notwendigen Treppenräume in einer baulichen Anlage als Ansatz hier dringend empfohlen!

Bei der Bewertung möge man Folgendes bedenken. Ergibt sich rechnerisch ein „Stau“ oder eine Verzögerung für eine größere Personenanzahl - als Bezugsbasis sollten 10 Personen gewählt werden - , so wird sich mit Sicherheit auch unter „praktischen Bedingungen“ ein solcher Stau oder eine solche Verzögerung einstellen, der oder die eine Größenordnung erreicht hat, die dann auch „praktisch“ nicht negiert werden oder gar hingenommen werden kann. Auch sollte die Summe der Verzögerungszeiten im Verhältnis zu rechnerischen Gesamt-Entfluchtungszeit begrenzt werden (vgl. [4]): Die Summe aller Stauzeiten sollte nicht mehr als die Hälfte der rechnerischen Gesamt-Entfluchtungszeit aus Geh- und Verzögerungs- bzw. Stauzeiten für die letzte Person betragen).

Im ersten Entwurf vom 14.05.2012 der Erläuterung zur Anpassung der MBauVorIV bzw. „zu den Vorschriften im Einzelnen“ werden folgende Aussagen getroffen:

„ Zu §11.....

Absatz 2 Satz 1 Nr.2 Buchst. a enthält die bisherige Auflistung des Abs.2 Satz1 Nr.2.

Mit dem neuen Absatz 2 Satz 1 Nr.2 Buchst. b und c soll verdeutlicht werden, dass – selbst dort, wo Muster-Verordnungen oder Muster-Richtlinien abschließende Regelungen zur Anzahl von Ausgängen sowie Ausgangs- und Rettungswegbreiten enthalten – wegen der Personenanzahl, der Lage von Ausgängen oder Vereinigungen von Personenströmen ungünstige Stauzeiten entstehen können, die es bauaufsichtlich zu beurteilen gilt. Einzelne Stauzeiten sollten nicht länger als 60 s sein.

Geeignet sind zur Ermittlung der Zeiten Verfahren der Personenstromanalyse, wie sie z. B. im vfdb-Leitfaden „Ingenieurmethoden im Brandschutz“ beschrieben werden. Dabei ist es nicht notwendig, Räumungszeiten zu ermitteln. Vielmehr kommt es aus bauaufsichtlicher Sicht darauf an, Stauzeiten an Ausgängen aus Räumen zu notwendigen Fluren oder notwendigen Treppen bzw. notwendigen Fluren zu notwendigen Treppen, beim Zusammentreffen von Personenströmen in notwendigen Fluren oder notwendigen Treppen und bei Ausgängen ins Freie zu beurteilen.“

Zusammenfassend ist festzuhalten:

Soweit in einem Einzelfall bei einem Vorliegen eines so genannten „überlangen Fluchtweges“ oder einer nicht den bauordnungsrechtlichen Erfordernis entsprechenden Durchgangsbreite eine Kompensation mittels bemessener Rauchabzugsanlagen zur Sicherung der Fluchtwege seitens eines Planers in Ansatz gebracht werden sollte, muss in allen Fällen zunächst eine Evakuierungsberechnung aufgestellt werden, die zeigt, dass die Gefahr einer längeren Verzögerung oder Staubildung im Einzelnen für eine größere Anzahl von Personen nicht gegeben ist und Gründe zur Sicherung der Angriffswege im Falle „überlanger Rettungswege“ für die Feuerwehr im Gebäude in Abstimmung auf den Brandfall sowie auch keine Gründe zur Gewährleistung der Schutzzielanforderung nach § 3 Abs.1 MBO bezogen auf die „öffentliche Sicherheit und Ordnung“ in Abstimmung auf „andere Gründe“ (hier u. a. Terrordrohung, Amoklauf, Teileinsturz [5]) unmittelbar dagegen sprechen und das verbleibend „Restrisiko“ dem gegenüber hinnehmbar ist. Die „anderen Gründe“ müssen dabei durch die Bauaufsichtsbehörde nicht im Einzelnen aufgezählt werden.

Selbst bei Zustimmung zu einem „überlangen Angriffsweg“ für die Feuerwehr durch diese und die Bauaufsicht ist es darüber hinaus aus all den anderen genannten Gründen auch dann nicht vorstellbar, bei einer Gefahr von Panik infolge einer längeren Verzögerung oder einer Staubildung („Stauzeit“ für 10 Personen länger als 60 s, siehe oben) und auch selbst für den Fall einer frühzeitigen Branddetektion und Alarmierung mit dem Hinweis auf eine wie auch immer gestaltete sicheren Rauchfreihaltung dies so zu akzeptieren.

Von der unmittelbar zuvor dargestellten Argumentation ausgehend, ist somit klar, dass einem Fachplaner für den Brandschutz nach Bauordnungsrecht zumindest so wie einem Fachplaner für Standsicherheit (Tragwerksplaner) die Schnittkraftermittlung im Tragwerk (oder einem Architekten als Entwurfsverfasser die Schnittmomenten-Bildung zu einem Durchlaufträger) die Evakuie-

rungsberechnung geläufig sein sollte und hier insbesondere das validierte Handrechenverfahren in der Handhabung.

Die alleinige Kenntnis und Nutzung von Gleichungen aus so genannten Kapazitätsanalysen sind zur oben beschriebenen Nachweisführung zu möglichen Personenansammlungen und damit verbundenen Personenströmen im Gefahrenfall mit jeweils erheblich mehr als 1000 Personen nicht ausreichend; dies gilt auch für die diesbezüglichen Angaben in [16] (hier in Abstimmung auf die dortige Gleichung/Handformel 9.5 in Kapitel 9), da sich mit solchen „Kapazitätsanalysen“ eine mögliche Verzögerungs- oder Stauzeit weder für eine bestimmbare Anzahl von Personen noch die zugeordneten Verzögerungszeiten zahlenmäßig explizit ermitteln lassen, noch formal verbal der Sachverhalt zur Verzögerung ausgedrückt wird. Es wird vielmehr eine „Passagezeit“ als Bezeichnung gewählt und entsprechend zahlenmäßig in Abstimmung auf eine Personenstromdichte bis zu maximal 4 Personen pro m² bestimmt; die Gefahr einer Staubildung wird dem Planer somit im „Rechengang“ nicht signalisiert.

Es müssen zur Erfassung einer u. U. möglichen Staugefahr vielmehr die „Grundgleichungen“, die zugeordneten „Rechenoperationen“ und deren „iterativer Umgang“ geläufig sein:

$$Q_i = D_i \cdot v_i \cdot b_i = q_i \cdot b_i$$

mit

Q_i Personen – Durchlassfähigkeit in [Pers./ s] im Wegabschnitt „i“

D_i Personenstromdichte in [Pers./m²] im Wegabschnitt „i“

v_i Bewegungsgeschwindigkeit in [m/s] des Personenstromes im Wegabschnitt „i“

b_i Durchgangsbreite in [m] im Wegabschnitt „i“

q_i „Spezifische Durchlassfähigkeit“ in [Pers./ m·s] im Wegabschnitt „i“;

In der Literatur wird der Parameter q_i in aller Regel als „Bewegungsintensität“ des Personenstromes im Wegabschnitt „i“ bezeichnet. Der Parameter ist wie die mögliche (maximale) Geschwindigkeit $v_{i,max}$ eine Funktion von der Personenstromdichte D_i ; beide Parameter wurden aus Versuchen ermittelt.

Ein Stau ist nicht zu erwarten, soweit gilt

$$Q_i \leq Q_{i+1}$$

und rechnerisch ist:

$$q_i \leq q_{i,max} = f \{ D_{i,Grenze} \} \quad \text{mit } D_{i,Grenze} = 6 \dots 8 \text{ Pers./m}^2$$

In der Regel bestimmt sich q_{i+1} aus q_i mit der einfachen Beziehung:

$$q_{i+1}^0 = q_i \cdot \left(\frac{b(i)}{b(i+1)} \right)$$

Für den „rechnerischen Fall“ $q_{i+1} > q_{i+1,\max}$ ist davon auszugehen, dass sich ein Stau (oder eine Verzögerung) im Abschnitt „i“ ergeben wird.

Rechenbeispiele zu Evakuierungsberechnungen sind u. a. zu finden in [22]. Mit Hilfe relativ einfacher Gleichungen können die maximale Stauzeit (in Abstellung auf die letzte Person), die maximale Staulänge als Längenmaß und die maximale Anzahl von Personen bestimmt werden, die zu einem bestimmten Zeitpunkt im Stau (bzw. einer „Bewegung mit erheblicher Verzögerung“) stehen können.

REZENSION

Das eingangs aufgeführte VDMA-Grundlagenpapier Entrauchung [9] stellt an sich eine wohl gut ingenieurmäßig aufbereitete Basis zur Bestimmung einer der den benannten Schutzziele zugeordneten Entrauchung dar. Es wird die Rauchableitung aus Räumen (einschließlich der Rauchableitung aus Keller-räumen, Treppenräumen, Garagen und „sonstigen“ komplexen Sonderbauten) behandelt. Als mögliche Schutzziele kommen danach in Frage: „Selbstrettung“, „Fremdrettung“, „Brandbekämpfung“ und „Sachschutz“. In der Dokumentation werden diesbezüglich maschinell wirkende Rauchabzugs-Anlagen (MRA), natürlich wirkende Rauchabzugs-Anlagen(NRA) wie auch so genannte Rauch-Differenzdruck-Anlagen(RDA) betrachtet.

Die hier mit Nachdruck in den vorstehenden Abschnitten nochmals dargelegte bauordnungsrechtliche Problematik wird allerdings in [9] nicht betrachtet.

Abgesehen von den Rauch-Differenzdruck-Anlagen bedarf es zur Planung solcher Anlagen im Falle einer Abstellung auf das Schutzziel „Selbstrettung“ vom Grundsatz her stets zuvor einer Betrachtung zur Selbstrettung (Entfluchtung bzw. Evakuierung) aus dem Raum oder Gebäude, soweit solche Anlagen in irgend einer Form bauordnungsrechtliche Anforderungen zu geforderten baulichen Rettungswegen kompensieren sollen und eine erhebliche Anzahl von Personen auf solche Kompensationsmaßnahmen im Brandfall angewiesen sind. Ferner ist der Blickwinkel auf die „sonstigen“ Fälle zur Sicherung der Evakuierung auszurichten.

Die Ausführungen im Positionspapier [9] blenden mehr oder weniger deutlich den Sachverhalt einer ggf. nicht hinnehmbaren Kompensation von in einem Evakuierungsprozess in Fällen mit einer Vielzahl betroffener Personen, größeren Personenstromdichten und aus baulichen Einengungen des Personenstromes sich ergebenden Verzögerungen und Staubildungen sowie die damit möglicherweise gleichfalls verbundene Gefahr einer Panik aus.

Werden solche Fälle mittels der Dokumentation des Grundlagenpapiers [9] bearbeitet, so ist dies nur akzeptabel, wenn gleichzeitig durch eine Evakuierungsberechnung hinreichend sicher nachgewiesen wird, dass eine nicht hinnehmbare Verzögerung oder ein nicht hinnehmbarer Stau - von z. B. mehr als 1 Minute für eine größere Anzahl betroffener Personen (s. o.) - hinreichend sicher nicht auftreten kann.

Es erscheint selbst der Fall der beabsichtigten Koppelung einer solchen Situation der Sicherung der Evakuierung mittels „Entrauchung“ mit einer Brandmeldeanlage und zugeordneter akustischer Alarmierungseinrichtung sowie ggf. Sprechanlage mit Blick auf eine relativ sicher zu vermeidende Gefahr einer Panik als hier nicht verantwortbar.

Von der vorstehenden Problematik einmal abgesehen, stellt das Grundlagenpapier [9] für die Bemessungen zu den übrigen Schutzzielen der in Rede stehenden Öffnungen, Einrichtungen/Geräte und Anlagen zur Rauchableitung eine notwendige Ergänzung zu den Regeln nach den Normenreihen DIN 18232 und DIN EN 12101 zur Rauch- und Wärmefreihaltung dar, die von diesen Normen bisher nicht geleistet werden konnte.

Das VDMA-Einheitsblatt 24188:2011-06 [23] behandelt Maßnahmen zur Rauchableitung aus Treppenträumen und stellt insofern eine Ergänzung zu den teilweise nach den bauaufsichtlichen Vorschriften der Länder geforderten Maßnahmen zur Rauchableitung insbesondere aus innenliegenden Treppenträumen dar; siehe hierzu die „einschlägigen“ Verwaltungsvorschriften oder „Handlungsempfehlungen“ der einzelnen Bundesländer. Auch hier gilt, dass die bauordnungsrechtlich geforderten Maßnahmen zunächst als „Mindeststandard“ relativ bindend sind, soweit nicht eine mehrseitig orientierte Flucht- oder Evakuierung über mindestens zwei notwendige Treppenträume möglich ist und mindestens die Anforderungen wie für Hochhäuser mit zwei innenliegenden notwendigen Treppenträumen in Abstimmung auf die Treppenträume eingehalten sind. Es steht dem Planer und Bauherren natürlich frei, höhere Anforderungen zur Verbesserung der Sicherheit der Nutzer zu wählen.

In Abstimmung auf so genannte Differenzdruck-Anlagen im Zusammenhang mit Sicherheitstreppenträumen erlangt das Regelwerk [23] seine eigentliche Bedeutung.

In Übereinstimmung mit dem VDMA-Grundlagenpapier Entrauchung [9] (siehe auch dort unter Ziffer 11.2) „gilt“ für die Bemessung von Differenzdruck-Anlagen bzw. Rauch-Differenzdruck-Anlagen (RDA) als eine der Möglichkeiten zur Rauchfreihaltung bauordnungsrechtlich geforderter Sicherheitstreppenträume das o.g. VDMA-Einheitsblatt 24188 [23] in notwendiger Ergänzung zu DIN EN 12101-6, Rauch- und Wärmefreihaltung – Teil 6: Festlegungen für Differenzdrucksysteme, Bausätze.

Wie auch im VDMA-Grundlagenpapier „Entrauchung“ [9], werden auch im VDMA-Einheitspapier 24188 : 2011-06 [23] keine Angaben zur Zuverlässigkeit

danach projektierte Einrichtungen gemacht; vergleichsweise werden in DIN EN 1991-1-2/NA zu Feuerlöschanlagen entsprechend belegte Angaben und Vorgaben getroffen.

Soweit dies nicht geschieht, wird man aus bauaufsichtlicher Sicht sich noch sehr lange im Brandschutz primär auf bauliche Maßnahmen verlassen müssen. Dadurch wird vergleichsweise bei Sicherheitstreppenräumen, die durch Differenzdrucksysteme rauchfrei gehalten werden sollen, bis dato die Anordnung von Vorräumen gefordert (vgl. Ziffer 4.2.8 Muster-Hochhaus-Richtlinie - MHHR, Fassung April 2008), gleichwohl Treppenräume offensichtlich auch ohne Vorräume theoretisch rauchfrei gehalten werden könnten (vgl. Aussage unter Ziffer 4.7 des VDMA-Einheitsblattes 24188 : 2011-06 : „Ob ein Vorraum vorzusehen ist, regelt das Baurecht. Für die Funktion der Rauchschutz-Druckanlage ist ein Vorraum nicht erforderlich.“)

Der gleichlautende Satz ist als letzter Satz unter der Überschrift „Vorräume“ im Anhang D „Hinweise zur Auslegung von Rauchschutz-Druckanlagen“ zum VDMA-Grundlagenpapier „Entrauchung“ [9] zu finden.

ZUSAMMENFASSUNG

Ausgehend von dem ohne Abstriche auch ferner in Verbindung mit der Kommentierung in [15] zu beachtendem Grundsatzpapier [5] der FK Bauaufsicht, wird im Beitrag ausführlich dargestellt, dass bauordnungsrechtlich geforderte Maßnahmen zur Rauchableitung der Unterstützung der Brandbekämpfung dienen und vom Grundsatz her vorhandene Defizite in Abstimmung auf die Führung und Ausbildung von Flucht- bzw. Evakuierungswegen nicht kompensieren können. Denn Flucht- und Evakuierungswege müssen so angeordnet und ausgebildet werden, dass auch ein Verlassen von Räumen, Gebäuden oder sonstigen baulichen Anlagen in einem hinnehmbaren Zeitraum ohne größere Verzögerung oder Stau aus anderen Gründen als dem des Brandschutzes gegenüber den Gefahren aus „Rauch und Feuer“ möglich wird. Es wird ausführlich darauf hingewiesen, dass diese Problematik nicht mit in die Ausführungen zur Behandlung der Frage einer notwendigen Entrauchung nach [9] einbezogen worden ist.

Ferner werden im Beitrag die beabsichtigten Neuregelungen zur Rauchableitung in den einschlägigen Verordnungen und Muster-Richtlinien der ARGEBAU zu Sonderbauten auszugsweise vorgestellt.

LITERATUR

- [1] Mehl, F.: Bauordnungsrechtliche Schutzziele des vorbeugenden Brandschutzes; Tagungsband Braunschweiger-Brandschutz-Tage 2007; Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz, TU Braunschweig, Heft 199, ISBN 978-3-89288-181-0

- [2] Mehl, F.; Bauaufsichtliche Schutzzielvorgaben zur Rauchableitung aus Räumen und Gebäuden; Tagungsband Braunschweiger-Brandschutz-Tage 2009; Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz, TU Braunschweig, Heft 208, ISBN 978-3-89288-191-0
- [3] Famers, G.; Brandschutz im Bauordnungsrecht; Bauphysik-Kalender 2011; Verlag Ernst & Sohn, Berlin 2011
- [4] Mehl, F.; Bautechnische Nachweise zum Brandschutz nach Bauordnungsrecht der Länder; Bauphysik-Kalender 2006; Verlag Ernst & Sohn, Berlin 2006
- [5] Grundsatzpapier der Fachkommission Bauaufsicht der Bauministerkonferenz (ARGEBAU) mit dem Titel „Grundsätze zur Auslegung des § 14 MBO“; u. a. veröffentlicht in: DIBt Mitteilungen, Heft 1/2009, S.11/12
- [6] Musterbauordnung (MBO), Fassung November 2002, zuletzt geändert Oktober 2008; siehe www.is-argebau.de
- [7] Gerhardt, H. J.; Schönwald, J.; Konrath, B.; Verwendung von Leichtgas bei Brandsimulationen – unzulässig oder sinnvoll? ; vfdb-Zeitschrift, 56. Jg.; Heft 1/2007, S. 29 – 31
- [8] Detzer, R. ; Winkler, Th. ; Strömungsmechanismen zur Brandrauchausbreitung in Räumen ohne geeignete Rauchabzugsanlagen; vfdb-Zeitschrift, 60.Jg.; Heft 3/2011, S.127–135
- [9] VDMA (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.) – „Grundlagenpapier Entrauchung“ mit dem Untertitel „Unterstützende Maßnahmen für Selbst- und Fremdrettung, Löschangriff, Sach- und Umweltschutz, Herausgeber VDMA, Frankfurt/Main, September 2012
- [10] Schneider, U.; Ingenieurmethoden im Brandschutz; 2. Auflage, Werner-Verlag, Köln 2009, S. 364
- [11] Hosser, D. ; Brandschutzbemessung nach den Eurocodes – Vorgaben für die Anwendung in Deutschland; Tagungsband Braunschweiger-Brandschutz-Tage 2009; Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz, TU Braunschweig, Heft 208, ISBN 978-3-89288-191-0
- [12] DIN EN 1991-1-2/NA: 2010-12; Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1- 2: Allgemeine Einwirkungen – Brandeinwirkungen auf Tragwerke; (siehe hier vergleichsweise Anhang BB, Tabelle BB.5)
- [13] Muster-Verkaufsstättenverordnung (MVkVO), Fassung September 1995; siehe: www.is-argebau.de
- [14] Muster-Versammlungsstättenverordnung (MVStättVO), Fassung Juni 2005; siehe: www.is-argebau.de
- [15] Famers, G.; Messerer, J.; „Rettung von Personen“ und „wirksame Löscharbeiten“ – bauordnungsrechtliche Schutzziele mit Blick auf die Entrauchung, Ein Grundsatzpapier der Fachkommission Bauaufsicht; u.a. veröffentlicht in: DIBt Mitteilungen, Heft 1 / 2009, S. 10 und 11

- [16] Leitfaden Ingenieurmethoden des Brandschutz, 2. Auflage Mai 2009; vfdb – Technischer Bericht TB 04-01; herausgegeben von D. Hosser; Altenberge, Braunschweig: Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V. (vfdb), 2009
- [17] VDMA (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V., Frankfurt/Main) – Einheitsblatt , VDMA 24188 : 2011-06, Rauchschutzmaßnahmen in Treppenträumen – Rauchableitung, Rauchverdünnung, Rauchfreihaltung; Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [18] Mehl, F.; Richtlinien für die Erstellung und Prüfung von Brandschutzkonzepten; Tagungsband Braunschweiger-Brandschutz-Tage 2004; Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz, TU Braunschweig, Heft 178, 2004, ISBN 3-89288-159-6
- [19] Predtetschenski, W.M.; Milinski, A.I.; Personenströme in Gebäuden; Staatsverlag, Berlin 1971; als Reprint 2010 erschienen in BBV Beilicke Brandschutz Verlag
- [20] DIN EN 13200-1:2004-05; Zuschaueranlagen - Teil 1: Kriterien für die räumliche Anordnung von Zuschauerplätzen, Anforderungen; Anhang E (informativ): Durchlasskapazitäten der Ausgänge von Zuschauerbereichen; hier: Absatz „Evakuierung im Notfall“
- [21] Forell, B. Personensicherheit in Versammlungsstätten – Kritische Analyse und Verbesserungsvorschläge; Tagungsband Braunschweiger-Brandschutz-Tage 2007; Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz, TU Braunschweig, Heft 199, ISBN 978-3-89288-181-0
- [22] Müller, K.; Praxiswissen Brandschutz, Brandgefährdungsanalyse und Evakuierung; Erich Schmidt Verlag GmbH & Co., Berlin 2005

ENTRAUCHUNG ALS VORAUSSETZUNG FÜR DIE DURCHFÜHRUNG WIRKSAMER LÖSCHARBEITEN

Reinhard Ries
Branddirektion, Frankfurt am Main

EINLEITUNG

In allen Bauwerken und Anlagen der Infrastruktur unserer Städte und Gemeinden stellen Feuer und Rauch die größte Gefährdung für Menschen und Sachwerte dar. Diese Einschätzung hat sich seit mehreren Jahrhunderten grundsätzlich nicht verändert. Die größte Gefahr für Städte im Mittelalter war ein Feuer mit unkontrollierter Ausbreitung über viele Gebäude hinweg bis zum Abbrand ganzer Stadtteile. Daraus resultieren bis heute die Anforderungen zur Errichtung von Brandwänden und zur Verwendung von nichtbrennbaren Baustoffen und Bauteilen. Damals bewirkte die fast ausschließliche Verwendung von natürlichen Baustoffen, dass die Entstehung und Ausbreitung von Rauch nicht sonderlich im Vordergrund stand.

Die mittlerweile rasante Entwicklung von Gebäudestrukturen und neuen Baustoffen und Bauteilen, und nicht zuletzt die mannigfaltigen Erfahrungen der Feuerwehren aus Einsätzen, zeigen, dass sich das Gefahrenpotential durch Rauch massiv verstärkt hat und heute mit als größte Gefahr anzusehen ist.

Als trauriges Beispiel dient hier der Flughafenbrand in Düsseldorf, der fast ausschließlich durch die extrem starke Rauchgasentwicklung des Brandes nicht mehr beherrschbar war und der Selbstrettung sowie Fremdrettung durch die Feuerwehr Grenzen aufzeigte.

Unabhängig von der Gebäudegröße sind daher die Selbstrettung der sich im Gebäude befindlichen Personen, die Fremdrettung von Menschen durch die Feuerwehr und die Brandbekämpfung zur Schadensbegrenzung die entscheidenden Voraussetzungen für die Sicherheit in Gebäuden. Leider verfügen wir aufgrund der föderalen Strukturen unseres Landes nicht über eine einheitliche Brandstatistik. Die mannigfaltigen Erkenntnisse aus Brandereignissen, die von den Feuerwehren und Brandschutzexperten in wissenschaftlichen Erhebungen und auf Fachtagungen eingebracht werden, ersetzen zumindest teilweise diese fehlende Statistik und lassen sehr wohl Rückschlüsse zur Risikobetrachtung von Bränden in Gebäuden zu.

RAUCHENTWICKLUNG UND RAUCHAUSBREITUNG ALS GRÖSSTES RISIKO

Wie bereits erwähnt, gibt es in Deutschland keine einheitliche Statistik, aber vielfältige Netzwerke, um Erkenntnisse aus Brandereignissen zu analysieren und zu beurteilen. In den Regelwerken, die auf Länderebene in Bauordnungen

und Richtlinien zusammengefasst werden, wird deutlich, dass zwar die Ausbreitung von Feuer nach wie vor intensiv behandelt und geregelt ist, die Gefährdung durch Rauchausbreitung wird allerdings völlig unterschätzt bzw. falsch interpretiert. So gibt es z. B. Bauordnungen in unserem Lande, die tatsächlich eine Verlängerung der Hilfsfrist der Feuerwehr erlauben, wenn Bauteile eines Gebäudes in einer höheren Feuerwiderstandsklasse ausgeführt werden. Hier scheint völlig entgangen zu sein, dass bei Einsätzen in z. B. Wohnungen, Büros, Appartements die Erfahrungen der Feuerwehr belegen, dass fast nie das Versagen eines Bauteiles durch den Brand zum Problem wurde, sondern fast immer die Rauchgase die Menschen gefährdeten.

Selbst beim Flughafenbrand Düsseldorf war der Schwerpunkt trotz Großfeuer nicht die Gefährdung durch Gebäudeeinsturz. Das soll nicht heißen, dass bei Gebäudeteilen die Standsicherheit im Falle des Brandes reduziert werden kann. Bei der Analyse des Flughafenbrandes war erkennbar, dass die Standsicherheit des Bauwerkes voll ausreichte und somit auch den geforderten Standards voll gerecht wurde. Vielmehr war aber ersichtlich, dass die Gefahr durch Rauchausbreitung und vor allem die schnelle Entstehung gefährlicher toxischer Rauchgase völlig unterschätzt wurde, was u. a. der Verzicht auf eine flächendeckende Früherkennung durch Rauchmelder belegte.

Es ist daher erforderlich, bei großen Gebäuden aller Art endlich den Fokus auf die Hauptgefahren zu lenken und dies durch entsprechende Maßnahmen, die in der heutigen Zeit mit moderner Anlagentechnik erreicht werden, in den Mittelpunkt zu rücken.

ERFAHRUNGEN DER FEUERWEHREN

Der Umgang mit der Rauchgasproblematik fußt zum sehr großen Teil aus den Erfahrungswerten von Brandeinsätzen. Bei der Menschenrettung ist den Einsatzkräften bewusst, dass Löschmaßnahmen die Rauchgase stark verwirbeln und mit Wasserdampf vermischen. In diesem Moment ist die Suche nach Personen im Bereich des Brandes aufgrund der nicht mehr vorhandenen Sicht extrem erschwert. Daher wird bei der Personensuche die Wasserabgabe nur erfolgen, wenn es zum Vorwärtskommen oder Eigenschutz dringend erforderlich ist. Es wird daher immer versucht, im Schnellzugriff die Person zu retten, bevor die eigentliche Brandbekämpfung beginnt.

Nach Einleitung der Brandbekämpfung reduziert sich die Sichtweite durch Wasserdampf und Rauchgasvermischung auf nahezu Null, wenn nicht ausreichende Lüftungsmaßnahmen eingeleitet wurden.

Die Feuerwehren haben für diese Einsatzphase ein Rauchmanagement entwickelt, das mit Unterstützung von mobilen Lüftungsgeräten gezielt Frischluft in den Brandraum einbringt und die Brandgase über Öffnungen nach außen transportiert. Hier hat sich die Taktik zweifellos geändert. Früher war es absolut verpönt, Frischluft in den Brandraum einzulassen, da ein weiteres Anfachen des

Feuers und eine daraus resultierende Brandausbreitung befürchtet wurden. Die Maßnahmen mit mobilen Lüftern haben gezeigt, dass die Brandbekämpfung sehr schnell und effektiv durchgeführt werden kann und somit die verbrauchte Löschwassermenge sowie die Einsatzdauer drastisch reduziert werden können. Die Befürchtung, dass nicht erkannte Brände dadurch aufflammen und eine kritische Entwicklung nehmen, hat sich im täglichen Brandeinsatz bei Wohn- und Geschäftsgebäuden nicht bestätigt.

DISKUSSION ÜBER DIE FESTLEGUNGEN DER FACHKOMMISSION BAUAUFSICHT DER ARGEBAU

Die Ausführungen der Projektgruppe Brandschutz der ARGEBAU (Bauministerkonferenz) für Regel- und Sonderbauten bezüglich der Rauchausbreitung in Rettungswegen sind hinlänglich bekannt. Leidenschaftlich wurde diskutiert, inwieweit die Verrauchung von Rettungswegen tolerabel sei. Baurechtlich gesehen darf kein Rauch in den Rettungsweg eindringen oder diesen beeinträchtigen, da zum notwendigen Flur selbstverständlich alle Türen geschlossen zu sein haben.

Die Einsatzpraxis der Feuerwehr zeigt ein etwas anderes Bild: Türen von Räumen, in denen ein Feuer ausgebrochen ist, sind selten geschlossen. Beim Eintreffen der Feuerwehr sind die entsprechenden Bereiche des Flures je nach Situation stärker verraucht. Die Rettung von Personen, die den Flur zu ihrer eigenen Rettung hätten passieren müssen, geschieht entweder über die Fenster des Raumes mit den Leitern der Feuerwehr oder mittels Fluchthaube durch den verrauchten Flur, wenn keine unmittelbare Gefahr durch das Feuer besteht.

In schöner Regelmäßigkeit werden daher bei Kellerbränden die Treppenräume zu den Wohneinheiten von Wohngebäuden oder die Flure von privaten und öffentlichen Einrichtungen der Verwaltung, Behörden, Krankenhäuser und Altenheime verraucht. Für den Einsatz der Feuerwehr bedeutet dies eine extreme Herausforderung, da die Personengefährdung durch Rauch unbedingt ausgeschlossen werden muss und daher alle Räume abzusuchen sind, die eventuell mit den verrauchten Fluren oder Treppenräumen in Verbindung stehen. Die Brandbekämpfung kann erst stattfinden, wenn zweifelsfrei durch die beginnenden Löschmaßnahmen und die einhergehende intensivere Verrauchung der Flur- und Treppenraumbereiche keine Menschenleben mehr gefährdet werden.

Der Rauch, der in Flurbereiche eindringt, wird immer die Rettungs- und Löscharbeiten erschweren, was aber grundsätzlich beherrschbar ist.

Die Menschenrettung und parallel oder danach durchgeführte Löscharbeiten werden erheblich erleichtert, wenn sich die Konzepte mit überschaubaren Abschnittsbildungen in Fluren durch Rauchschutztüren etablieren. In der Praxis sind den Feuerwehren daher funktionierende Rauchschutztüren wichtiger als T 90-Brandschutztüren, die entweder aufgrund ihres Gewichtes schwer bedienbar oder sowieso durch „Brandschutzkeile“ außer Dienst genommen wurden.

MODERNE EINSATZMITTEL FÜR DEN BRANDEINSATZ

Mobile Rauchschutzvorhänge

Seit ein paar Jahren werden mobile Rauchschutzvorhänge von den Feuerwehren auf den Löschfahrzeugen mitgeführt, die vor dem Öffnen der Türen zum Brandraum installiert werden und nach deren Öffnung die Rauchabströmung in den Rettungsweg erheblich mindern.

Der Einsatz der Rauchschrürzen sowie der mobilen Lüfter erfordert ein Umdenken in der Einsatzstrategie und muss mit den Einsatzkräften theoretisch wie praktisch geschult werden. Die Möglichkeit, durch falsches Vorgehen eine Rauchgasdurchzündung oder eine unbeabsichtigte schnelle Rauchgasausbreitung in nicht betroffene Bereiche zu verursachen, kann auch die Einsatzkräfte selbst gefährden. Äußerst hilfreich bei allen Maßnahmen sind daher baulich und anlagentechnisch vorgesehene Rauchabzugsöffnungen, die entweder durch die Feuerwehr oder über eine entsprechende Automatik ausgelöst werden können. Gerade bei Kellerbränden ist es wichtig, dass eine definierte Öffnung nach außen existiert und der Einsatz eines mobilen Lüfters somit wirkungsvoll den Treppenraum vor Rauchgasen schützen kann.

Menschenrettung mit Unterstützung von Wärmebildkameras

Da Gebäude und Flure in der Praxis oft verrauchen, sehen sich die Feuerwehren stets im sehr kritischen Wettlauf mit der Zeit, wenn Personen vermisst werden. Das Aufsuchen von Verletzten im dichten Brandrauch ist zeitraubend und gefährlich. Den Einsatzkräften ist in diesen Momenten bewusst, dass im Gegensatz zu ihnen unter Atemschutz die zu suchenden Personen den toxischen Rauchgasen intensiv ausgesetzt sind. Sie überschreiten daher öfter die persönlichen Grenzen und gefährden dadurch ihre eigene Sicherheit.

Mittlerweile werden viele Feuerwehren mit Wärmebildkameras ausgerüstet, die bei der Suche nach Verletzten helfen sollen. Diese Geräte sind tatsächlich eine enorme Unterstützung zum Auffinden vermisster Personen. Leider besitzt jedoch auch die heutige Wärmebildkameratechnik ihre – auch physikalischen – Grenzen. Sie ist damit sicherlich ein gutes Hilfsmittel, jedoch keinesfalls ein Allheilmittel. Das Vorgehen nur über Wärmebildkamera ohne weitere Vorsichtsmaßnahmen wäre daher sträflich. Es wird immer erforderlich sein, dass die vorgehenden Rettungstrupps sich tastend vorwärts bewegen, um jede Gefahr für sich selbst auszuschließen. Das bedeutet nach wie vor einen zeitraubenden Einsatz, der eine Grenzbelastung für die Einsatzkräfte darstellt.

Es ist eine völlig irrige Annahme, dass die Feuerwehr durch Einsatz von Wärmebildkameras Gebäude großflächig schnell und sicher nach Personen absuchen kann. Die Geschwindigkeit des Vorgehens wird sich bei fehlender raucharmer Schicht extrem verringern, vergleichbar mit einem Taucher, der vom klaren Wasser mit 50 m Sicht plötzlich völlig im trüben Wasser nach Personen su-

chen muss. Der Einsatz von Wärmebildkameras darf daher nicht verleiten, auf ein Rauchmanagement zu verzichten!!!

Jede Möglichkeit, eine raucharme Schicht oder rauchfreie Bereiche zu schaffen und im unteren Bereich zusätzlich die Temperatur abzusenken, ist daher extrem hilfreich und als eigentlicher nutzbringender Faktor gegen die Zeit zu werten.

ORBIT-STUDIE

Vor über 30 Jahren wurde in einem Forschungsprojekt u. a. die Zeit im Brandverlauf ermittelt, in der durch das Brandereignis der Anstieg des CO-Gehaltes im Brandraum dargestellt wurde. Dabei ergaben sich Werte von 13 Minuten für wirksame Rettungsmaßnahmen und maximal 17 Minuten für die letzte Chance der erfolgreichen Reanimation von zu rettenden Personen. Diese oft zitierte Studie entspricht nicht mehr den heutigen Gegebenheiten und hat zudem die Problematik, dass die dortigen Darstellungen nicht reproduzierbar sind. Es besteht daher Handlungsbedarf, in einer neuen Studie die heutigen Risikofaktoren im Falle eines Brandes mit Menschenrettung sowie einer technischen Hilfeleistung bei Unfällen zu untersuchen und neue Erkenntnisse für die Zukunft des Akteurs Feuerwehr zu finden. Hierbei wird die Frage der Rauchausbreitung mit Sicherheit eine große Rolle spielen, da sie nachweislich aus den praktischen Erfahrungen einen der kritischsten Faktoren beim Brandeinsatz darstellt. Unter anderem wird zu klären sein, ob bei manchen Bränden die bisherigen Hilfsfristen noch ausreichen und ein sichereres Handeln für Einsatzkräfte gegeben ist und ob eine Verbesserung der Selbstrettung für Personen durch neue Konzepte, z. B. auch der Rauchableitung, neue Chancen eröffnen können.

ALTERSGERECHTES WOHNEN

Viele Dinge holen uns schneller ein, als uns lieb ist. Mittlerweile entstehen Konzepte für ältere Menschen, die in Wohngruppen und Gemeinschaftsräumen in ansprechender Architektur ihren Lebensabend verbringen sollen. Nur mit dem Baurecht zu reagieren und die Personenzahl zu begrenzen, ohne weitere Maßnahmen zur Sicherheit durchzuführen, erscheint zu kurz gesprungen und ist wohl nur eine pragmatische Lösung im föderalen System. Die Hauptbedrohung für Menschen in diesen Wohngruppen wird zweifelsfrei wieder die schnelle Rauchausbreitung sein und es gilt, wirtschaftliche und sichere Konzepte zu finden, die die Bewohner bis zum Eintreffen der Rettungskräfte wirksam schützt. Inwieweit es mit den heutigen Maßnahmen gelingt, bei z. B. bewegungseingeschränkten Menschen die Gefahr durch einen beginnenden Brand und die daraus resultierende Verrauchung wirksam zu mindern, wird sich in der Zukunft zeigen.

SICHERHEITSMANAGEMENT IN SONDERBAUTEN

Herausforderungen durch neue Gebäudekonzepte

Große Gebäude stellen im Brandfall für die Einsatzkräfte eine besondere Herausforderung dar. Die Planung und bauaufsichtliche Umsetzung ist äußerst komplex und bedeutet für manche Bauherren einen schieren Marathon an Absprachen und Auflagen. Während manche Sonderbauten wie Großgaragen, Verkaufsstätten und Hochhäuser durch Richtlinien zusätzliche Regelungen erhalten haben, gibt es z. B. im Klinikbau keine besonderen Vorschriften mehr, an denen sich die Planer orientieren können. Besonders problematisch wird es, wenn dann in Bundesländern bauaufsichtliche Forderungen nach Vorgaben der Nachbarländer umgesetzt werden, weil im eigenen Bereich die Vorschriften ausgesetzt wurden. Noch interessanter wird es, wenn man sich mangels bestehender Vorschriften an bereits seit längerer Zeit ausgesetzten Richtlinien orientiert.

Da bei den Sonderbauten die moderne Architektur mit neuen Nutzungskonzepten rasant fortschreitet, können viele Vorschriften im Bauwesen diesen kaum noch folgen.

In Deutschland regnet es leider relativ häufig, daher ist der Trend zu Großbauten mit Geschäften und Erlebniswelten in einer trockenen Hülle ungebrochen. Diese Entwicklung aufzuhalten, nur weil entsprechende Vorschriften fehlen, wäre paradox. Hier liegt die Zukunft der ingenieurmäßigen Betrachtung in Verbindung mit Expertenwissen aus der Praxis, um auch solche Gebäudelandschaften sicher zu gestalten. Die Zusammenarbeit von Planern und Nutzern mit den Behörden und Brandschutzexperten führen immer öfter zu individuellen Lösungen, die das sichere Betreiben von großen Bauten möglich machen. Moderne Sicherheitskonzepte legen Schutzziele fest, die durch bauliche, anlagentechnische und organisatorische Maßnahmen erreicht werden. Separate einseitige Betrachtungen, große Bauwerke nur rein baulich zu sichern, sind nicht mehr zeitgemäß.

Schutzziele im Brandschutz

Wichtig ist die Vereinbarung entsprechender Schutzziele. Die Erfahrung aus vielen Großbränden zeigt, dass das Schutzziel Rauchableitung zur Sicherung von fliehenden Menschen sowie der Maßnahmen zur Rettung durch die Feuerwehr und zur Brandbekämpfung mit an oberste Stelle zu setzen ist. Nach wie vor wird die schnelle und massive Rauchausbreitung selbst von Experten unterschätzt, obwohl Großbrände wie Düsseldorf oder der Brand in der Uniklinik Göttingen die Problematik der Verrauchung klar aufzeigen.

Für alle Sonderbauten gilt, dass die Kombination aus flächendeckender Früherkennung, auch in Zwischendecken und entlegenen Bereichen, und die möglichst flächendeckende automatische Löschung durch Sprinkler einen hohen Sicherheitsstandard darstellen. Die Problematik des entstehenden Rauches

und dessen rasche Ausbreitung werden trotz dieser Maßnahmen aber nicht beseitigt.

Die Auslösung eines Sprinklerkopfes wird zwar einen wesentlichen Beitrag leisten, dass ein beginnendes Feuer sich nicht zu einem Desaster entwickelt. Sie wird aber nicht verhindern, dass die entstehenden Rauchgase sich im Brandraum und den angrenzenden Bereichen verteilen. Die Rauchausbreitung ist bei Einsätzen der Feuerwehr daher die Hauptproblematik bei Sonderbauten. Eines der wesentlichen Schutzziele für Sonderbauten besteht in einer mindestens 2,5 m hohen raucharmen Schicht, die für die Selbstrettung und Fremdrettung durch die Feuerwehr als Mindestmaß eines sicheren Einsatzes gefordert wird. Daher ist die frühe Beteiligung der Brandschutzexperten in der Planungsphase zwingend erforderlich. So können große Hallen als Stauraum für Rauchgase dienen und die Abführung durch entsprechende Rauchabzugsöffnungen in der Hallendecke sowie Zuluftöffnungen in Bodennähe in die Planung mit einbezogen werden.

Gebäude mit großen Personenzahlen

Bei Großbauten mit viel Publikumsverkehr wie Versammlungsstätten, Flughäfen und großen Kaufhauslandschaften ist das Rauchmanagement unabdingbar für die Sicherheit der Menschen und den erfolgreichen Feuerwehreinsatz. Eine Kaufhausmall muss zweifelsfrei durch modernes Rauchmanagement wie „das Freie“ funktionieren, wenn Menschen sich aufgrund eines Notfalls aus den eigentlichen Geschäften in diese Bereiche begeben. In diesen Malls befindet sich eine sehr große Zahl von Personen, die ohne Gefährdung und ohne Panik den Gebäudetrakt verlassen können müssen. Dies ist nur erreichbar, wenn im Falle eines Brandes in einem Ladengeschäft der austretende Rauch so abgeleitet wird, dass nicht nur eine Mindesthöhe von 2,5 m raucharmer Schicht in der Mall gewährleistet wird. Damit der Rauch für die Flüchtenden keine Bedrohung darstellt, sollte die Höhe der raucharmen Schicht in diesen Malls wesentlich höher als 2,5 m sein.

Dasselbe gilt auch für Flughäfen. Flugsteige sind mittlerweile nichts anderes als große Malls, in denen zusätzlich noch viele Menschen unterschiedlichster Herkunft und ohne Ortskenntnisse in Wartebereichen auf ihren Abflug warten. Der Düsseldorfer Flughafenbrand hat gezeigt, dass die Rauchausbreitung der entscheidende Faktor zur Gefährdung von Menschenleben darstellt.

Die eintreffenden Feuerweereinheiten müssen sich darauf verlassen können, dass durch mindestens 2,5 m, eher 3 m raucharme Zonen die Selbstrettung mittels eines modernen Räumungskonzeptes eingeleitet ist. Sie wird sich dann auf die Personen konzentrieren, die sich aufgrund ihrer Verletzung oder Behinderung nicht selbst retten konnten.

Der Erfolg der Rettungsmaßnahme durch die Feuerwehr wird entscheidend geprägt sein durch die Möglichkeit, die Personen rechtzeitig zu sehen und zu finden.

Verrauchung in unterirdischen Verkehrsanlagen

Brandeinsätze in unterirdischen Verkehrsanlagen, vornehmlich in U-Bahn- und S-Bahnbereichen, sind in den Alarmplänen der Feuerwehr in die höchste Risikostufe eingestuft. Daher wird schon bei Beginn des Einsatzes das größte Kontingent an Einsatzkräften geschickt, das nach der Einsatzplanung vorgesehen ist. Die mögliche Gefährdung durch eine sich schnell ausbreitende Rauchentwicklung ist hierfür der maßgebliche Grund. Die Erfahrung hat die Feuerwehren gelehrt, dass selbst kleine Verrauchungen, wie z. B. ein Heißläufer am U-Bahnzug oder, was öfters vorkommt, brennender Unrat im Gleisbereich sehr schnell zu einer komplexen Verrauchung aller U-Bahn-Ebenen, der Tunnelröhren und sogar der Nachbarbahnhöfe führen kann. In den Brandschutzkonzepten wird daher die Rauchableitung im Falle eines Brandes als das entscheidende Schutzziel festgeschrieben. Das bedeutet, dass bei neuen unterirdischen Anlagen eine großzügige und sicher funktionierende Rauchableitung zu planen und zu realisieren ist. Die Feuerwehren haben vielfältige Einsatzübungen durchgeführt sowie Untersuchungen von Instituten und Planern begleitet. In einem Forschungsprojekt der STUVA, unter Beteiligung der Hochbahn Hamburg, der Verkehrsgesellschaft Frankfurt und der Feuerwehr Frankfurt wurden Kriterien und Schutzziele erarbeitet, die die Selbstrettung in den ersten 15 Minuten garantieren sollen, ohne dass die Fliehenden durch die Rauchgasausbreitung geschädigt werden. Untersucht wurden vorzugsweise bestehende Anlagen, die über keine oder keine nennenswerte Rauchgasabführung verfügten. Die Ergebnisse waren ernüchternd, da sich herausstellte, dass die Rauchausbreitung relativ schnell über die nach oben führenden Rettungswege erfolgt und diese unpassierbar machen kann. In aufwendigen Simulationsverfahren und praxisnahen Versuchen stellte sich heraus, dass durch stehende und mobile Rauchschränke diese Rauchausbreitung so weit verzögert werden kann, dass die Treppenaufgänge zumindest bis zu 15 Minuten passierbar bleiben.

Die eintreffenden Einsatzkräfte konzentrieren sich zuerst intensiv auf die komplette Räumung und somit eventuelle Rettung noch verbleibender Personen, was je nach Größenordnung der unterirdischen Ebenen sehr aufwendig werden kann.

Die Feuerwehreinheiten benötigen daher mindestens 30 Minuten und mindestens eine Sicht von einem Meter raucharmer Schicht über den Bahnsteigen, um die Fremdrettung erfolgreich durchführen zu können. Wenn die Rauchgase bereits nach 15 Minuten den Bahnhof so verraucht haben, dass die Sichtweite weniger als 10 m beträgt, ist die Chance, die Fremdrettung erfolgreich abzuschließen, nicht mehr gegeben. Einsatzkräfte müssen generell mit Atemschutz vorgehen und haben nur eine Chance, Personen schnell zu finden, wenn sie auf dem Boden kniend noch eine Sichtweite von mindestens 20 m und mehr haben. Daher ist es unabdingbar, dass im Falle eines Brandes die Höhe der raucharmer Schicht in den ersten 15 Minuten mindestens 2,5 m und bis zu 30 Minuten mindestens 1 m betragen muss.

Die Feuerwehr Frankfurt hat intensiv auch das weitere Vorgehen zur Brandbekämpfung in unterirdischen Anlagen untersucht und bewertet. Als erfolgreichstes Konzept stellte sich eine Kombination aus den Lüftergeräten der Löschfahrzeuge, einem schwenkbaren Großlüfter auf eigenem Fahrgestell und zwei auf Ketten selbstfahrenden Lüftern heraus, mit denen gezielt Ebenen vor Verrauchung geschützt, das Verrauchen benachbarter Bahnhöfe verhindert und die großvolumige Verrauchung eines U-Bahnhofs wieder beseitigt werden kann (Bild 1).. Der Einsatz dieses Rauchmanagements muss intensiv geschult und die Position der verschiedenen Lüfter in Einsatzplänen festgehalten werden. Der Einsatz der Lüfter erfolgt zweifelsfrei erst, wenn die Selbstrettung und Fremdrettung abgeschlossen sind.



Bild 1 Einsatz von Lüftergeräten bei der Verrauchung des U-Bahnhofs Konstabler Wache in Frankfurt am Main

Brandschutz in Hochhäusern

Gebäude mit großen Höhen stellen für den Brandschutz eine besondere Herausforderung dar (Bild 2). Da die Selbstrettung und Fremdrettung fast ausschließlich in der vertikalen Richtung stattfindet, müssen die Konzepte zur Sicherung dieser Wege einen hohen Stellenwert haben. Bei Räumung eines solchen Gebäudes ist zu berücksichtigen, dass über den Engpass der vertikalen Erschließung es zu größeren Verzögerungen kommen kann. Die Anforderung an die Treppenträume sind daher entsprechend hoch: sie gelten als Sicherheitsbereich, sodass Personen, die den Treppenraum erreicht haben, beim Weg nach unten weder durch Rauch noch Feuer gefährdet werden.



Bild 2 Konzentration sehr hoher Hochhäuser in der Frankfurter Innenstadt

In der neuen Hochhausrichtlinie von 2008 ist es aufgrund der ganzheitlichen Sicherheitsmatrix gelungen, neue und vor allem wirtschaftliche Lösungen zu erarbeiten. Bis zu 400 m² können von den Nutzern einer ständigen Änderung unterworfen werden, ohne dass Sicherheitsbedenken entstehen. Dies gelingt durch ein bauliches, anlagentechnisches und betrieblich kombiniertes System.

Für alle Hochhäuser größerer Ordnung ist daher die flächendeckende Sprinklerung obligatorisch. Sie eröffnet mehrere Möglichkeiten der freien Gestaltung. Bei Gebäuden dieser Art sind große Glasfassaden die Regel, um auch die Innen-/Außenbeziehung in großer Höhe voll zur Geltung kommen zu lassen. Die Sicherheit dieser Fassade wird durch einen entsprechenden Sondersprinklerschutz der Glasfassade erreicht, ohne dass Feuerwiderstandsanforderungen an diese gestellt werden. Durch diese Methode ist es möglich, eine großflächige Glasfassade wirtschaftlich herzustellen. Das Brandschutzkonzept sieht eine „Sicherheitskaskade“ vor: Im Falle eines Brandes verlassen die betroffenen Personen durch den Räumungsalarm die betroffene Gefährdungszone und begeben sich zu den Treppenträumen. Sie durchschreiten vorher einen Flur und Vorraum, die durch Brandschutztüren die erste Rauchbarriere darstellen. Spätestens beim Eintreten in den Sicherheitstreppenraum befinden sie sich im sicheren Bereich. Die ausströmende Überdruckluft verteilt sich über den Vorraum in den betroffenen Flur/Arbeitsbereich und verhindert, dass der Rauch in den Treppenraum nachströmt. Da die Fassadenkonstruktion das Öffnen von Fenstern zulässt und auch mittlerweile von den Nutzern als zusätzliche Lüftungsmöglichkeit gewünscht ist, wird durch automatische Ansteuerung der

Überdruck aus dem Treppenraum dafür sorgen, dass der Rauch eher zu den Fenstern hinausgedrückt wird. Dabei öffnen nur die Fenster der betroffenen Etage und signalisieren so den eintreffenden Einsatzkräften bereits von außen, in welcher Höhe sich das Brandgeschoss befindet. Die Feuerwehrkräfte gelangen mit dem Feuerwehraufzug je nach Einsatzplan in die darunterliegende zweite Etage und führen dann den Rettungseinsatz mit Löschangriff über den Sicherheitstreppenraum durch. Somit ist gewährleistet, dass der Feuerwehraufzug in der Brandetage nicht durch größere Aktionen z. B. Herausräumen von Einsatzmaterial und längeres Blockieren der Türen den Brandrauch im Gebäude verschleppt.

Das ausgeklügelte Einsatzkonzept mit baulichen Maßnahmen durch Brandschutztüren zu Vorräumen und Sicherheitstreppenräumen, mit technischen Maßnahmen durch flächendeckende Sprinklerung, Früherkennung und Rauchableitung über die jeweiligen Geschosse und einem betrieblichen Konzept der Schulung und Ausbildung von Mitarbeitern, die die Räumung eines Gebäudes sicherstellen, wird auch in der Praxis realitätsnah überprüft (Bild 3).

Die modernen Hochhäuser, die nicht selten auch Prestigeobjekte der jeweiligen Firmen- und Bankengruppen darstellen, sind daher als sehr sicher zu bezeichnen.

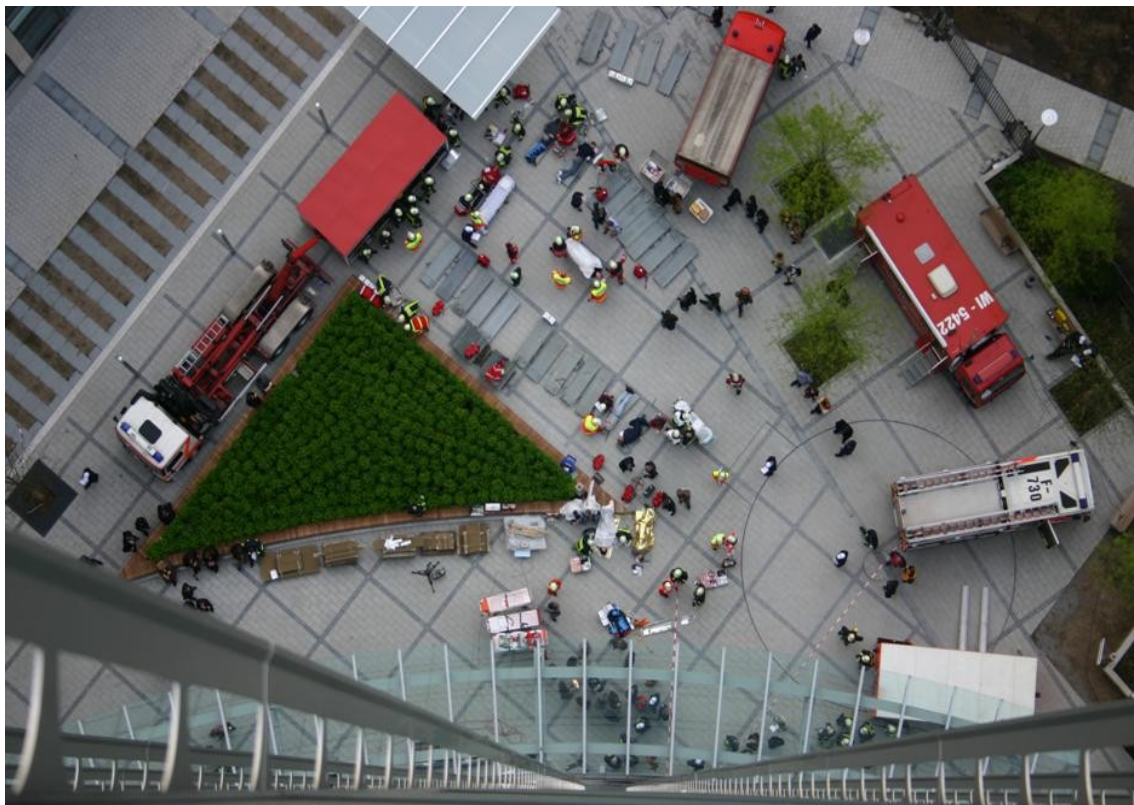


Bild 3 Einsatzübung der Feuerwehr am Hochhaus Skyper in Frankfurt am Main

Ältere Hochhäuser

Sorgen machen aber Hochhäuser der kleineren Kategorien und Gebäude zwischen 15 m und 30 m Höhe, die je nach Alter des Bauwerks sowie dem sehr unterschiedlichen Nutzerverhalten über wesentlich geringere Standards verfügen. Diese Gebäude verfügen in der Regel nicht über eine flächendeckende Sprinklerung, sodass ein Feuerübersprung über die Fassade trotz Brüstung möglich ist. Hinzu kommt noch die Möglichkeit, dass bis zu einer Höhe von 23 m brennbare Aussenfassaden zugelassen sind. Die Treppenträume verfügen nicht über Überdruckbelüftung und je nach Gebäudealter muss davon ausgegangen werden, dass viele Brandschutztüren, die hauptsächlich zur Rauchrückhaltung wichtig sind, nicht mehr dicht schließen. Vornehmlich in Wohnhochhäusern mit Tiefgarage gibt es viele Einsätze, bei denen der Rauch aus der Tiefgarage über die Treppenträume nach oben steigt und den Rettungsweg unpassierbar macht.

Gefährdung durch brennbare Außenfassaden

In jüngster Zeit kam es vermehrt zu Einsätzen bei Fassadenbränden, die die Feuerwehren durch ihre Abbrandgeschwindigkeit überraschten und dabei große Rauchgasmengen freisetzten. Da bei diesen Bränden auch alle im Brandbereich befindlichen Fenster zerstört wurden, drangen Feuer und Rauch in die Nutzungseinheiten ein. Während in der Vergangenheit diese Brände anscheinend beherrschbar waren, stellt sich jetzt heraus, dass mit zunehmender Isolierstärke Dimensionen erreicht werden, die, wenn es zum Brand des Isoliermaterials gekommen ist, als kritisch anzusehen sind. Eine Personengefährdung bei diesen Bränden in den Wohneinheiten ist daher nicht mehr auszuschließen. Die Feuerwehren gehen daher davon aus, dass diese neuen Erkenntnisse zu weiteren Untersuchungen führen müssen, um eine Gefährdung von Menschenleben auszuschließen.

FAZIT

Im Falle eines Brandes werden die Menschen intensiv durch die sich ausbreitenden Rauchgase gefährdet. Diese Schlussfolgerung war nicht neu und wird durch die Erfahrungen aus dem Einsatzgeschehen der Feuerwehren bestätigt. Die Feuerwehren haben mit der Kampagne zur Installation von Rauchmeldern in Wohnungen bereits große Erfolge erzielt, da vielen Menschen bereits durch den schrillen Alarmton des Homemelders das Leben gerettet wurde. In größeren Bauwerken müssen die Schutzziele zur Verhinderung von Rauchausbreitung im Falle eines Brandes noch mehr in den Vordergrund gerückt werden, da sie maßgeblich zum Schutze der im Gebäude befindlichen Personen und der Sachwerte beitragen. Die Feuerwehren werden hier mit ihrem Wissen zur Verfügung stehen und ihre Erfahrungen in der täglichen Planung sowie auch in Forschungsprojekten mit einbringen.

ENTRAUCHUNG ZUR SICHERSTELLUNG DER SCHUTZZIELE BEI SONDERBAUTEN

Willi Siegfried
HHP-Nord-Ost GmbH, Braunschweig

EINLEITUNG

Die Ursache für die anhaltende Diskussion über die mit der Rauchfreihaltung verbundenen Schutzziele bei Sonderbauten stellt das Grundsatzpapier der Fachkommission Bauaufsicht [1] dar. In diesem Papier werden die Grundsätze zur Auslegung des § 14 MBO behandelt sowie weitere Erläuterungen zu den Themen Personenrettung, wirksame Löscharbeiten und deren Zusammenhang mit Entrauchungsmaßnahmen gegeben. Die Publikation löste eine Diskussion aus, die sich auf unterschiedliche Positionen des Grundsatzpapiers bezog und die bis heute nicht beendet ist. Im vorliegenden Beitrag liegt der Fokus auf den mit Rauchableitungsmaßnahmen verbundenen Schutzzielen.

THESEN DES GRUNDSATZPAPIERS

Da der Inhalt des Grundsatzpapiers für die weitere Betrachtung von zentraler Bedeutung ist, wird im Folgenden versucht, die wesentlichen Aussagen im Zusammenhang mit Rauchableitungsmaßnahmen kurz zusammenzufassen:

1. Die in dem Papier genannten Grundsätze beziehen sich nur auf solche Gebäude, die die bauordnungsrechtlichen Anforderungen einhalten, also keine Abweichungen in Anspruch nehmen.
2. Die Feuerwehr kann in Sonderbauten mit vielen Menschen die Personenrettung nicht sicherstellen; sie ist darauf angewiesen, dass die Personen beim Eintreffen der Feuerwehr das Gebäude bereits weitgehend verlassen haben oder sich in sicheren Bereichen befinden. Neben der ausreichenden Ausbildung von Rettungswegen ist daher ebenso von Bedeutung, dass die Menschen früh-/rechtzeitig mit der Flucht beginnen. Bei Sonderbauten mit ausschließlich baulichen Rettungswegen bedarf es somit für die Personenrettung in aller Regel nicht der Mitwirkung der Feuerwehr.
3. Eine Rauchableitung aus Rettungswegen zur Sicherstellung der Benutzbarkeit in der Phase der Personenrettung ist nicht vorgesehen, sie könnte ohnehin nur bereits eingedrungenen Rauch abführen. Für die Personenrettung muss in diesem Fall der alternative (zweite) Rettungsweg benutzt werden.
4. Die bauordnungsrechtlich verlangten Öffnungen zur Rauchableitung oder Rauchabzugsanlagen dienen der Unterstützung der Feuerwehr bei ihrer Arbeit, selbst wenn dafür keine quantifizierte Entrauchungswirkung vorgegeben ist.

5. Die MBO sieht für die Personenrettung keine Maßnahmen zur Rauchableitung vor. Solche Maßnahmen (bei denen z. B. die rechtzeitige und sichere Funktion der Rauchabzugsanlagen Voraussetzung für die Benutzbarkeit der Rettungswege ist) können allenfalls im Einzelfall, als Kompensation für eine Abweichung von bauordnungsrechtlichen Anforderungen in Betracht kommen.

Aus dem letztgenannten Punkt ist zu entnehmen, dass die MBO keine Entrauchungsmaßnahmen zum Zwecke der Personenrettung vorsieht. Da in der MBO im Prinzip Standardbauten behandelt werden, ist die allgemeine Formulierung des Punktes 3 umso bedeutungsvoller, da insgesamt daraus geschlossen werden kann, dass Entrauchungsmaßnahmen zur Personenrettung nicht erforderlich sind. Diese Aussage steht im Kontrast zu einer Vielzahl von Publikationen, die sich gerade mit diesem Zusammenhang beschäftigen. Dies gilt insbesondere bei Einbeziehung des internationalen Standes der Diskussion, wobei praktisch einhellig eine andere Auffassung vertreten wird.

Da aus dem Punkt 2 unmittelbar hervorgeht, dass die Feuerwehr bei Sonderbauten im Allgemeinen nicht die Personenrettung vornimmt, dienen die Anforderungen an die Rauchableitung bei Sonderbauten allein der Ermöglichung wirksamer Löscharbeiten.

Auch ohne internationalen Bezug führen die vorstehenden Thesen zu einer Neuausrichtung der gesamten Schutzzieldefinition. Es ist natürlich wesentlich, ob die Personenrettung Bestandteil der Schutzziele ist oder nicht, und den daraus entstehenden Konsequenzen ist nachzugehen. Die Aussage zum Punkt 4 überdeckt den Sachverhalt, dass die Anforderungen an die Rauchableitung bei Sonderbauten sehr uneinheitlich geregelt sind und das dahinter stehende Ordnungsprinzip nicht klar erkennbar ist. Der Hinweis, dass diese Anforderungen der Feuerwehr nutzen könnten, ist weder qualitativ noch quantitativ ausreichend.

Beide Punkte zusammengekommen haben wiederum Auswirkungen auf die Behandlung von Abweichungen. Die Behandlung von Abweichungen und die erforderlichen kompensatorischen Maßnahmen stehen in einem Bezug zu den allgemeinen Schutzzielen. Bei der geschilderten Ausgangslage sind die Bezüge bestenfalls schwierig herzustellen bzw. können zu relativ willkürlichen Verfahrensweisen führen. Im Folgenden wird daher versucht, die genannten Themen von verschiedenen Seiten zu beleuchten.

QUALITATIVE BEWERTUNG DES GRUNDSATZPAPIERS

Nach Prüfung der Aussagen und Analyse der Konsequenzen ist zunächst zu würdigen, dass die ARGEBAU versucht, den manchmal ausufernden Anforderungen an die Notwendigkeit von Entrauchungsmaßnahmen Grenzen zu setzen. Es ist weiterhin beachtenswert, dass klargestellt wird, dass die Personenrettung bei Sonderbauten mit zwei baulichen Rettungswegen nicht Aufgabe der

Feuerwehr sein kann. Dies schließt zwar nicht aus, dass dies im Einzelfall erforderlich ist, es ist aber kein vorrangiges Ziel. Damit liegt die Hauptverantwortung bei den Betreibern oder Veranstaltern und den Besuchern.

Wie bereits dargelegt, besteht die Funktion der Entrauchungsmaßnahmen nach Ansicht der ARGEBAU lediglich darin, wirksame Löscharbeiten zu ermöglichen. Dieser Punkt ist für sich genommen bereits diskussionswürdig. Ohne die daraus resultierenden Erleichterungen für die Feuerwehr gänzlich in Frage stellen zu wollen, ist es gerechtfertigt nachzufragen, ob der hierfür zu betreibende Aufwand an manchen Stellen nicht zu hoch ist. Diese Fragestellung steht im Zusammenhang mit dem jeweiligen Umfang der Entrauchungsmaßnahmen und der Auftretenswahrscheinlichkeit von Bränden. Wie auch in dem Grundsatzpapier beschrieben, existieren überdies in unterschiedlichem Umfang Anforderungen an Rauchableitungsöffnungen, die im Einzelnen nicht quantifizierbar sind. Es ist also durchaus möglich, dass Anforderungen gestellt werden, deren Nutzen beschränkt oder nicht nachweisbar ist. Da insbesondere diese nicht quantifizierbaren Anforderungen in der Kritik standen (siehe z. B. Gerhardt [2]), hat einer der Autoren des Grundsatzpapiers (Messerer [3]) darauf geantwortet, dass dies kein Problem sei, da die Einsatzkräfte beim Innenangriff mit umluftunabhängigem Atemschutz vorgehen. Wenn dies aber so ist, dann ist die Uneinheitlichkeit der Anforderungen bei den Sonderbauten nicht so ohne weiteres nachvollziehbar.

Es wird zwar nicht ausdrücklich erwähnt, aber die Aussagen legen die Schlussfolgerung nahe, dass bei den geregelten Sonderbauten von einem ausreichenden Sicherheitsniveau hinsichtlich der Eigenrettung ausgegangen wird. Es wird sogar ausdrücklich darauf hingewiesen, dass Maßnahmen zur Rauchableitung keinen Beitrag zu einer schnellen Evakuierung leisten können. Hier greift das Grundsatzpapier aber in jedem Fall zu kurz. Natürlich können Maßnahmen zur Rauchableitung den Personenstrom nicht beschleunigen, sie können den Entleerungsprozess aber absichern. Im ungünstigen Fall kann die Rauchausbreitung die Evakuierung behindern oder sogar verhindern. Die Autoren des Grundsatzpapiers gehen offenbar davon aus, dass dieser Fall nicht eintritt – und genau diese Sachverhalte sind daher eingehender zu prüfen.

Dabei ist wiederum zu berücksichtigen, dass die Regelungen für Sonderbauten höchst unterschiedliche Maßnahmen für die Rauchableitung vorsehen. Wenn daher darauf hingewiesen wird, dass bei Abweichungen von den Sonderbauvorschriften Maßnahmen zur Rauchableitung als Kompensation in Betracht kommen, dann stellt sich automatisch die Frage nach den dann zu erreichenden Schutzziele. Zählt die Selbstrettung dann zu den Schutzziele und wenn ja, welche konkreten Bemessungsziele sind dann daraus abzuleiten?

Stellt man diese Fragen den Verfechtern des Grundsatzpapiers, dann wird darauf verwiesen, dass dies die Aufgabe der am Genehmigungsprozess beteiligten Personen und insbesondere diejenige des Brandschutzingenieurs sei. Hierbei wird aber übersehen, dass auch der Brandschutzingenieur Bezug auf die in den Verordnungen angestrebten Schutzziele nehmen muss. Heißt es

doch konkret, dass die Schutzziele der Bauordnung durch die Kompensationsmaßnahmen zu erreichen sind. Wird nun die Personenrettung, inklusive der Selbstrettung in die Liste der Schutzziele aufgenommen, für die Rauchableitungsmaßnahmen erforderlich werden? Wenn dies der Fall ist, dann stellt sich sofort die Frage, welche Kriterien für diesen Qualitätssprung ausschlaggebend sind und wie das Schutzziel konkret zu bestimmen ist. Faktisch ist es dann nur in Analogie zu Bedingungen bestimmbar, die ohne Abweichung zugelassen sind. Dass dies häufiger zu Ergebnissen führt, die nicht bei allen am Genehmigungsprozess Beteiligten Zufriedenheit auslöst, ist leicht nachvollziehbar. Es ist die große Schwäche des Grundsatzpapiers die Tatsache auszublenden, dass Abweichungen bei modernen Sonderbauten die Regel sind und der eingenommene Standpunkt an dieser Stelle zumindest unpraktikabel ist.

ÜBERSICHT ÜBER DIE ANFORDERUNGEN BEI SONDERBAUTEN

Muster-Schulbau-Richtlinie (MSchulbauR)

Entsprechend Kapitel 6 (Rauchableitung) müssen Hallen zur Unterstützung der Brandbekämpfung entrauchet werden können. Dies gilt als erfüllt, wenn sie entweder an der höchsten Stelle Rauchableitungsöffnungen mit einer freien Öffnungsfläche von insgesamt 1 Prozent der Grundfläche oder im oberen Drittel der Außenwände Fenster oder Türen mit einer freien Öffnungsfläche von insgesamt 2 Prozent der Grundfläche haben. In diesem Fall sind sowohl das Schutzziel als auch die Bemessung klar benannt, eine Flächenbegrenzung der Halle ist jedoch nicht vorgesehen.

Muster-Hochhaus-Richtlinie (MHHR)

In der Muster-Hochhaus-Richtlinie (MHHR) heißt es lapidar in Abschnitt 6.7, dass jedes Geschoss entrauchet werden können muss. In der dazugehörigen Erläuterung wird hierzu folgendes angemerkt:

„Die MHHR 2007 beschränkt sich auf die allgemeine Anforderung einer Entrauchung und schreibt keine Rauchabzugsanlagen vor. Aus der hohen Zahl der Geschosse eines Hochhauses kann nicht gefolgert werden, dass für alle Geschosse Rauchabzugsanlagen erforderlich wären. In der Regel können Fenster oder Öffnungen zur Rauchableitung ausreichen. Anforderungen an Rauchabzugsanlagen können sich jedoch aus der besonderen Art der Nutzung (siehe Erläuterung zu Nummer 1 Satz 2 bzw. § 2 Abs. 4 und § 51 MBO 2002) aus der Lage oder der Geometrie der Räume oder aus anderen Sonderbauvorschriften ergeben. Die Rauchableitung aus dem Geschoss ist jedoch erforderlich, um den Einsatz der Feuerwehr zu ermöglichen. Sofern die Rauchableitung nicht automatisch erfolgt, wird sie von der Feuerwehr eingeleitet. Der Personenschutz wird im Brandfall insbesondere durch eine schnelle Räumung der vom Brandereignis betroffenen Geschosse durch Selbstrettung der Personen innerhalb weniger Minuten sichergestellt. Der Personenschutz wird erreicht durch eine frühzeitige Erkennung des Brandereignisses, die automatische Alarmie-

rung im Brandgeschoss, die automatische Alarmierung der Feuerwehr, durch baulichen Brandschutz sowie durch Anordnung, Führung und Rauchfreihaltung der Rettungswege.“

Hier wird (zum ersten Mal) Bezug auf die im Grundsatzpapier dargelegte Betrachtungsweise genommen. Es ist aber auch ein Musterbeispiel für eine vage Formulierung. Es ist offenkundig, dass auch die Erläuterung mit der Erklärung ringt, welches Ziel eigentlich dabei erreicht werden soll.

Krankenhausbauverordnung – KhBauVO

Entsprechend § 22 Abs. 6 müssen Flure ohne öffnenbare Fenster oder Oberlichter (innenliegende Flure), die als Rettungswege dienen, Abluftanlagen haben, die so beschaffen sind, dass sie im Brandfall Rauch ohne Gefahr für andere Räume abführen können.

Es ist hinlänglich bekannt, dass die Evakuierung von Patienten in Betten zeitintensiv ist und die Evakuierungsphase bei Ankunft der Feuerwehr ggf. noch nicht abgeschlossen ist. Man kann daher nicht davon ausgehen, dass mit dieser Anforderung nur die Brandbekämpfung unterstützt werden soll. Aufgrund der relativ langen Evakuierungsdauern ist diese Anforderung zur Unterstützung der Evakuierung erforderlich.

Garagenverordnung

Die Muster – Garagenverordnung (M-GarVO) sieht eine Lüftung, jedoch keine Rauchableitung vor. Die Lüftungsmaßnahmen beziehen sich auf die Abgase der PKW. Es sind jedoch Rauchabschnitte vorzusehen, deren maximale Fläche in Abhängigkeit von einer Löschanlage zwischen 2.500 m² und 5.000 m² liegen darf. Ein Rauchabschnitt darf sich auch über mehrere Geschosse erstrecken. Damit wird der Ausbreitung von Rauch durch Rauchabschnittsbildung entgegengewirkt, dies gilt jedoch nicht innerhalb eines relativ großen Rauchabschnitts.

Die Randbedingungen innerhalb von Garagen sind meist durch geringe Raumhöhen unterhalb von 3 m geprägt, wobei häufig ausgeprägte Unterzüge vorhanden sind, die einen großen Einfluss auf die Rauchausbreitung haben können.

Muster-Verkaufsstättenverordnung (MVkVO)

Nach § 16 (Rauchabführung) müssen in Verkaufsstätten ohne Sprinkleranlagen Verkaufsräume ohne notwendige Fenster nach § 44 Abs. 2 MBO sowie Ladenstraßen Rauchabzugsanlagen haben. In Verkaufsstätten mit Sprinkleranlagen müssen Lüftungsanlagen in Verkaufsräumen und Ladenstraßen im Brandfall so betrieben werden können, dass sie nur entlüften, soweit es die Zweckbestimmung der Absperrvorrichtungen gegen Brandübertragung zulässt. Eine definierte Anforderung an eine raucharme Schicht besteht nicht.

Die Verkaufsräume können dabei relativ große Abmessungen aufweisen und auch die Raumhöhe unterliegt beträchtlichen Bandbreiten. Die darstellbaren Flächen sind durch die maximale Größe der Brandabschnitte gegeben:

Die Fläche der Brandabschnitte darf je Geschoß betragen in

- erdgeschossigen Verkaufsstätten mit Sprinkleranlagen nicht mehr als 10.000 m²,
- sonstigen Verkaufsstätten mit Sprinkleranlagen nicht mehr als 5.000 m²,
- erdgeschossigen Verkaufsstätten ohne Sprinkleranlagen nicht mehr als 3.000 m²,
- sonstigen Verkaufsstätten ohne Sprinkleranlagen nicht mehr als 1.500 m², wenn sich die Verkaufsstätten über nicht mehr als drei Geschosse erstrecken und die Gesamtfläche aller Geschosse innerhalb eines Brandabschnitts nicht mehr als 3.000 m² beträgt.

Auch bei Verkaufsstätten können demnach ausgedehnte Abschnitte mit geringer Raumhöhe in Verbindung mit geschossübergreifenden Lufträumen auftreten.

Muster-Versammlungsstättenverordnung (MVStättV)

Die Rauchableitung in Versammlungsstätten wird in § 16 MVStättV geregelt und enthält differenzierte Anforderungen an die Rauchableitung. Hierbei gelten für Versammlungsräume und sonstige Aufenthaltsräume mit weniger als 200 m² Grundfläche keine Anforderungen. Haben die Räume eine Grundfläche von 200 m² bis 1000 m², dann müssen sie über Rauchableitungsöffnungen mit einer freien Öffnungsfläche von 1 % an höchster Stelle des Raumes oder Türen und Fenster mit einer freien Öffnungsfläche von 2 % der Grundfläche im oberen Raumdrittel verfügen. Alternativ dazu ist eine maschinelle Entrauchung mit der entsprechenden Auslegung zulässig. Bei Räumen mit mehr als 1.000 m² Grundfläche muss eine mindestens 2,5 m hohe raucharme Schicht auf allen zu entrauchenden Ebenen nachgewiesen werden. Eine übersichtliche Zusammenstellung liefert Tabelle 1.

Muster-Industriebaurichtlinie (M IndBauRL)

In der Muster-Industriebaurichtlinie M IndBauRL werden abhängig von der Raumgröße und dem Vorhandensein einer selbsttätigen Löschanlage die Anforderungen an den Rauchabzug genannt bzw. ein Bemessungsziel vorgegeben. Bei der Betrachtung der Anforderungen (Tabelle 2) ist zum einen auffällig, dass man für Räume mit weniger als 1.600 m² Grundfläche bestenfalls in Abhängigkeit von der Grundfläche Wand- und Deckenöffnungen für den Rauchabzug bereitstellen muss, wobei keine Anforderungen an die Lage dieser Öffnungen gestellt werden. Eine Bereitstellung von Zuluftöffnungen wird nicht erwähnt.

Tabelle1: Anforderungen der Muster-Versammlungsstättenverordnung

Grundfläche A des Versammlungsraums	Anforderungen
$A \leq 200 \text{ m}^2$	kein Rauchabzug
$200 \text{ m}^2 < A \leq 1000 \text{ m}^2$	Rauchableitungsöffnungen mit freier Öffnungsfläche von mindestens 1 % der Grundfläche an höchster Stelle des Raumes. Alternativ ist eine maschinelle Entrauchung mit $36 \text{ m}^3/\text{h je m}^2$ Grundfläche möglich.
	Fenster und Türen mit freier Öffnungsfläche von mindestens 2 % der Grundfläche (Anordnung im oberen Raumdrittel).
	Alternativ ist eine maschinelle Entrauchung mit $36 \text{ m}^3/\text{h je m}^2$ Grundfläche möglich.
$A > 1000 \text{ m}^2$	Nachweis einer mindestens 2,5 m hohen raucharmen Schicht auf allen zu entrauchenden Ebenen

Tabelle 2: Anforderungen an den Rauchabzug nach der Muster-Industriebaurichtlinie

Grundfläche A des Raums	selbsttätige Löschanlage	Anforderungen
$A \leq 200 \text{ m}^2$		kein Rauchabzug
$200 \text{ m}^2 < A \leq 1600 \text{ m}^2$	vorhanden	kein Rauchabzug
	nicht vorhanden	Wand- und/oder Deckenöffnungen mit mindestens 2 % der Grundfläche
$A > 1600 \text{ m}^2$	vorhanden	natürliche Rauchabzugsanlagen mit $A_w \geq 0,5 \% A$
		Lüftungsanlage, die im Brandfall nur entlüftet
	nicht vorhanden	Nachweis einer mindestens 2,5 m hohen raucharmen Schicht in der obersten zur Brandbekämpfung erforderlichen Ebene

Bei Räumen mit einer Grundfläche größer als 1.600 m² wird unterschieden, ob eine selbsttätige Löschanlage vorhanden ist oder nicht. Im ersten Fall werden konkrete Anforderungen an die Dimensionierung eines natürlichen Rauchabzugs gestellt (natürliche Rauchabzugsanlagen mit $A_w \geq 0,5 \% A$). Alternativ kann die Rauchableitung über eine vorhandene Lüftungsanlage erfolgen. An die Zuluftführung werden wiederum keine Anforderungen gestellt. Erst bei großen Räumen ($A > 1.600 \text{ m}^2$) ohne selbsttätige Löschanlage wird ein Bemessungsziel genannt, wobei eine ausreichend hohe raucharme Schicht (2,5 m) gewährleistet werden muss. Die Einhaltung dieses Bemessungsziels soll ermöglichen, dass wirksame Löscharbeiten vorgenommen werden können.

Bei nicht geregelten Sonderbauten ist der § 37 MBO zu beachten, der für jedes Kellergeschoss ohne Fenster mindestens eine Öffnung zur Rauchableitung fordert. Die Lage dieser Öffnung ist nicht spezifiziert.

Aus dem Vergleich wird deutlich, dass die Anforderungen bei den geregelten Sonderbauten sehr unterschiedlich ausfallen und selbst bei Beschränkung auf das Schutzziel wirksame Löscharbeiten nicht unmittelbar nachvollziehbar sind. Es entsteht der Eindruck, dass auch hinsichtlich des Themas wirksame Löscharbeiten Diskussionsbedarf besteht. Für eine weitergehende Betrachtung des Themas sind daher auch die Unterschiede bei den genannten Sonderbauten zu berücksichtigen. Während bei Schulbauten, Hochhäusern, Krankenhäusern oder Büronutzungen in der Regel eine bauliche Struktur mit begrenzter Ausdehnung vorhanden ist, die durch qualifizierte Trennwände garantiert wird, ist dies bei den anderen genannten Sonderbauten nicht der Fall. Garagen, Verkaufsräume, Versammlungsräume und Industriebauten haben gemeinsam, dass die Rettungswege durch die Räume verlaufen, die vom Brandereignis betroffen sind. Abweichungen ergeben sich hinsichtlich der Rettungsweglänge und der geforderten Wegbreite. In diesen Fällen muss die Selbstrettung abgeschlossen sein, bevor die Rauchausbreitung dies verhindert. Diesem Thema wird in den nachfolgenden Abschnitten nachgegangen. Dabei wird sich auch zeigen, dass die Auswahl der Baustoffe auf die Brandausbreitung zwar limitierend wirkt, aber durch die vorhandenen sonstigen Brandlasten in den Hintergrund verdrängt wird.

EINFLÜSSE DER RAUCHAUSBREITUNG AUF DAS ERSONENVERHALTEN

Wie an anderer Stelle schon vorgebracht, ist aus den Ergebnissen von Rauchversuchen ableitbar, dass die Rauchausbreitungsgeschwindigkeit größer sein kann als die typischen Gehgeschwindigkeiten [2]. Während die Gehgeschwindigkeiten im Intervall zwischen 0,3 m/s und 1,4 m/s liegen [4], können die Strömungsgeschwindigkeiten selbst bei geringen treibenden Druckunterschieden höhere Werte annehmen. Es ist daher gerechtfertigt, die Aussage, dass Entrauchungsmaßnahmen nichts zur Evakuierung beitragen, zu hinterfragen.

Aus wissenschaftlicher Sicht sind die Einwirkungen von Rauchgasen auf Personen hinreichend bekannt, sie sind durch die Einwirkungsgrößen Temperatur,

Strahlung, optische Dichte und toxische Gase gegeben. Entsprechende Größenordnungen für Schwellenwerte sind im Kapitel 8 des vfdb-Leitfadens zu finden. Neben den bekannten Wirkungen hinsichtlich der Gesundheitsschäden haben alle genannten Einflussgrößen Auswirkungen auf das Verhalten von Personen. Die am einfachsten nachvollziehbare Auswirkung ist die Beeinflussung der Erkennbarkeit von Rettungszeichen oder Ausgängen. Somit ist eine raucharme Umgebung überhaupt die Voraussetzung dafür, dass die Rettungswege erkannt und begangen werden können, d. h. die von der ARGEBAU benannten Bedingungen hinsichtlich der Rettungswege sind nur dann wirksam, wenn in gewissem Umfang eine Rauchfreihaltung sichergestellt ist.

Damit sind die zu berücksichtigenden Einflüsse auf die Aktionen der Personen aber keineswegs vollständig. Zu den gesicherten Erkenntnissen gehört auch, dass sich die Bewegungsgeschwindigkeit von Personen in Abhängigkeit von der optischen Dichte des Rauchs reduziert [5]. Dabei ist diese Wirkung zudem von der Zusammensetzung der Rauchgase abhängig und ist bei Rauchgasen mit reizenden Bestandteilen stärker. Bild 1 zeigt die zugehörigen Zusammenhänge in linearisierter Form. Es ist leicht nachvollziehbar, dass zusätzliche Einwirkungen (Temperatur, Strahlung) die Ausgangsbedingungen weiter verschlechtern.

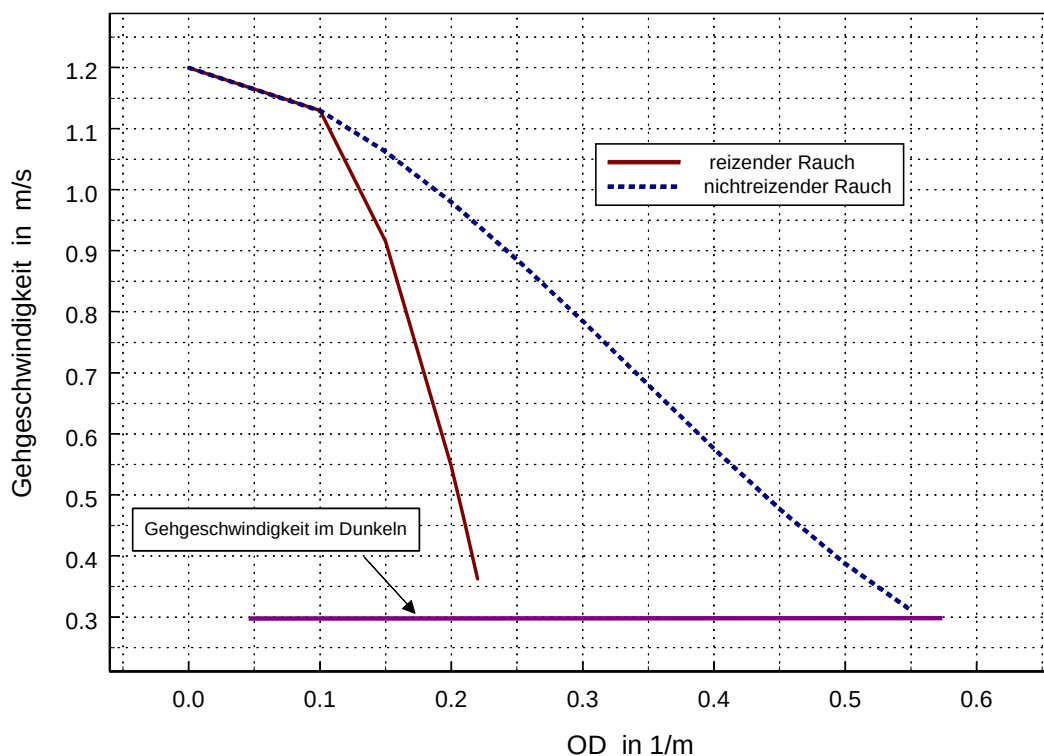


Bild 1 Zusammenhang zwischen Gehgeschwindigkeit und optischer Dichte bei unterschiedlicher Rauchgaszusammensetzung

Zusätzlich zur Beeinflussung der Gehgeschwindigkeit ist die fundamentale Entscheidung über die Wahl eines Rettungswegs betroffen. Man hat festgestellt,

dass rund 30 % der Personen Wege mit einer optischen Dichte von $0,33 \text{ m}^{-1}$ nicht beschreiten. Ohne weiter in die Details der Einflussgrößen einzudringen, kann an dieser Stelle nur die Schlussfolgerung gezogen werden, dass die Aussagen des ARGEBAU-Grundsatzpapiers nur dann zutreffen, wenn praktisch kein Rauch oder lediglich Rauch in geringen Mengen vorhanden ist. Es ist daher als nächstes festzustellen, ob diese Annahme zutreffend ist.

Aus Rauchversuchen und Simulationsrechnungen wissen wir, dass insbesondere bei geringen Raumhöhen innerhalb kurzer Zeit Rauchgase deutlich unter 2 m absinken. Neben der Zeitdauer für den Evakuierungsablauf sind aber weitere Zeitabläufe in die Betrachtung einzubeziehen. Zunächst muss das Brandereignis erkannt werden. Dies geschieht in der Regel durch die Anwesenden selbst oder durch eine Brandfrüherkennung mit anschließender Alarmierung. An die Zeit bis zur Branderkennung schließt sich ggf. die Zeit bis zum Auslösen des Alarms an. In vielen Gebäuden besteht der Wunsch, diesen Alarm zu verzögern, um bei Fehl- oder Falschalarmen nicht sofort die Evakuierung einleiten zu müssen. Die typische Größenordnung für diese Verzögerung liegt bei ca. 3 Minuten. Diesem zeitlichen Ablauf schließt sich die Reaktionszeit an, die benötigt wird, um auf entsprechende Signale zu reagieren und Entscheidungen hinsichtlich der notwendigen Handlungen zu fällen. Diese Zusammenhänge sind daher näher zu betrachten.

Die Grundlagen für die Beurteilung von Zeitabläufen sind im Kapitel 9 des vfdb-Leitfadens niedergelegt, der im Folgenden zitiert wird:

„Die Räumungszeit $t_{\text{Räumung}}$ setzt sich zusammen aus der Zeitspanne $t_{\text{Detektion}}$ vom Beginn des Brandes (in der Regel der Zeitpunkt Null eines zeitabhängigen Bemessungsbrandes) bis zur Detektion des Brandes, der Zeitspanne t_{Alarm} von Detektion bis zum Auslösen des Alarms, einer Reaktionszeit t_{Reaktion} vom Auslösen des Alarms bis zum Beginn der Fluchtbewegung und der Zeit t_{Flucht} vom Beginn der Fluchtbewegung bis zum Erreichen eines sicheren Bereiches.“

$$t_{\text{Räumung}} = t_{\text{Detektion}} + t_{\text{Alarm}} + t_{\text{Reaktion}} + t_{\text{Flucht}}$$

Anhaltswerte für die Reaktionszeit sind ebenfalls in Kapitel 9 des vfdb-Leitfadens zusammengestellt. Weitere Informationen hierzu finden sich überdies bei Purser et al. [5], [6]. Die daraus ableitbaren Ergebnisse sind leider nicht eindeutig. Bei optimalen Bedingungen mit geschultem Personal lässt sich die Reaktionszeit auf ca. 1 Minute beschränken. In anderen Fällen dehnt sich dieser Zeitraum aber weiter aus. In Abhängigkeit von den anlagentechnischen Maßnahmen, ggf. vorhandenen Verzögerungen bei der Alarmierung und dem Personenverhalten sind Zeitspannen zwischen dem Auftreten eines Brandereignisses und dem Beginn der Bewegung von 1 – 6 Minuten für viele Randbedingungen nicht unüblich. Wenn die Selbstrettung unbeeinflusst von den Rauchgasen ablaufen soll, dann müssen die Rettungswege für den gesamten Zeitbereich rauchfrei oder raucharm bleiben. Dies soll im Folgenden an einigen Beispielen überprüft werden.

Das erste Beispiel (Bild 2) zeigt eine klassische Flursituation mit einer Rauchabschnittslänge von 30 m, bei der in einem angrenzenden Raum ein Brandereignis auftritt. Die Tür zwischen diesem Raum und dem Flur ist geöffnet, sodass die Rauchgase in den Flur einströmen können. Aus Bild 3 ist erkennbar, dass bereits nach 160 s Bedingungen erreicht sind, bei der die Flucht zumindest erschwert wird. Selbst bei einem Kernstück der baurechtlichen Anforderungen an Rettungswege sind somit bei den zu erwartenden Zeitspannen bis zum Beginn der Eigenrettung, unter bestimmten Randbedingungen keine raucharmen Verhältnisse sichergestellt. Es ist davon auszugehen, dass diese Bedingungen die Eigenrettung ggf. signifikant beeinflussen.

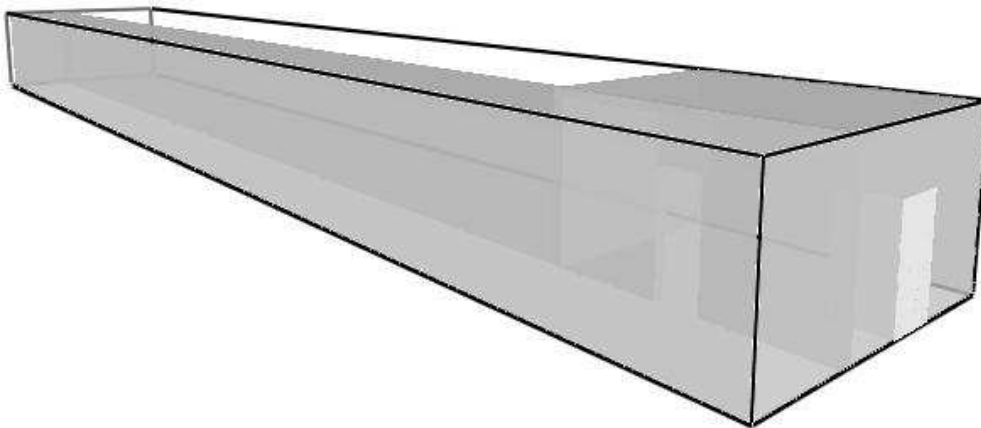


Bild 2 *Klassische Flursituation*

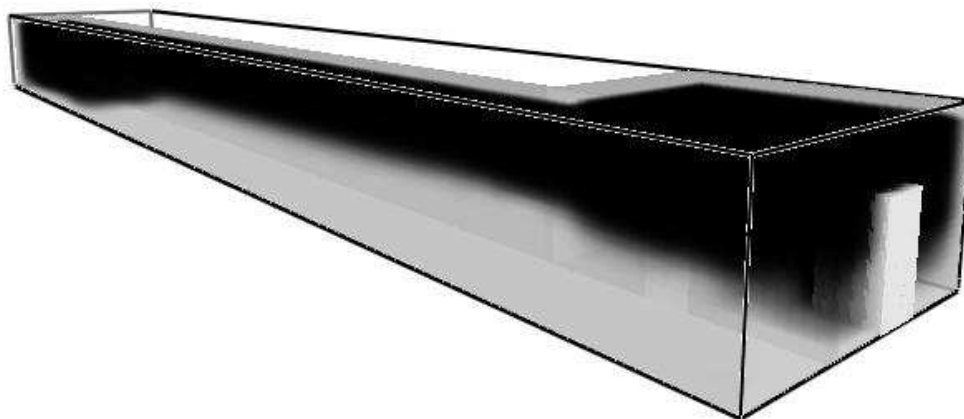


Bild 3 *Klassische Flursituation, Verrauchung zum Zeitpunkt 160 s*

Das nächste Beispiel nach [7] schildert die Verhältnisse in einem Warenhaus mit den Abmessungen 41 m x 15 m und einer lichten Raumhöhe von 3,1 m bis zur Unterdecke. Darüber befand sich ein Dachraum, dessen First auf einer Höhe von 5,5 m lag. Die Unterdecke war teilweise geöffnet, sodass Rauch in den Dachraum eindringen konnte. Die Brandlast bestand aus drei Stapeln von Holzpaletten (jeweils 163 kg), die bei geöffneter Tür an der nördlichen Stirnseite entzündet wurden. Dadurch wurde eine schnelle Brandausbreitung simuliert, bei der die Flammen bereits nach 1,5 Minuten den Dachraum erreichten.

Die nachfolgenden Bilder 4 und 5 zeigen den Temperaturverlauf über der Höhe in 4,6 m (Bild 4) und 13,8 m (Bild 5) Entfernung von der Stirnseite mit der geöffneten Tür. Die Höhenangaben beziehen sich auf die Firsthöhe, d. h. der Temperaturverlauf bei 4 m zeigt die Bedingungen 1,5 m über dem Fußboden.

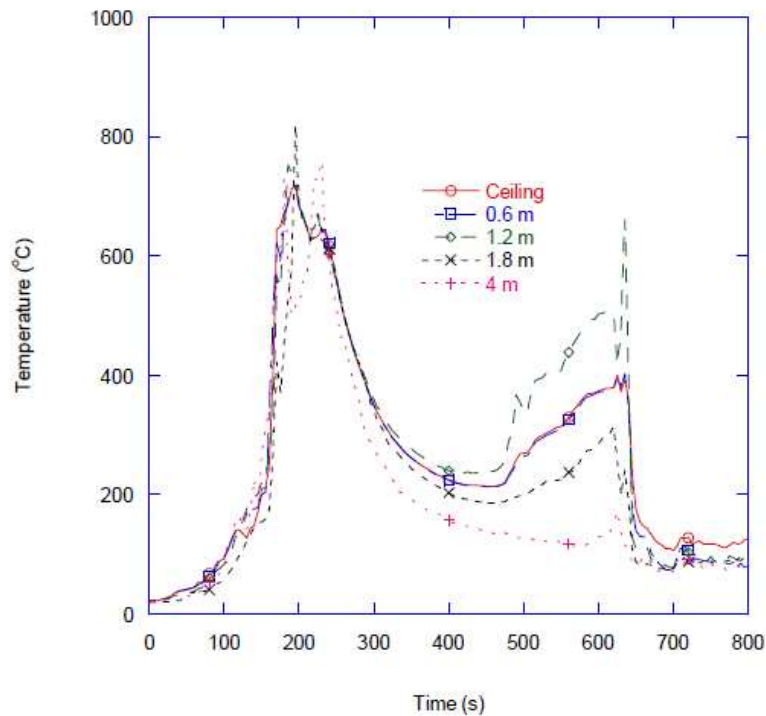


Bild 4 Temperaturverlauf in verschiedenen Höhen (Türentfernung 4,6 m)

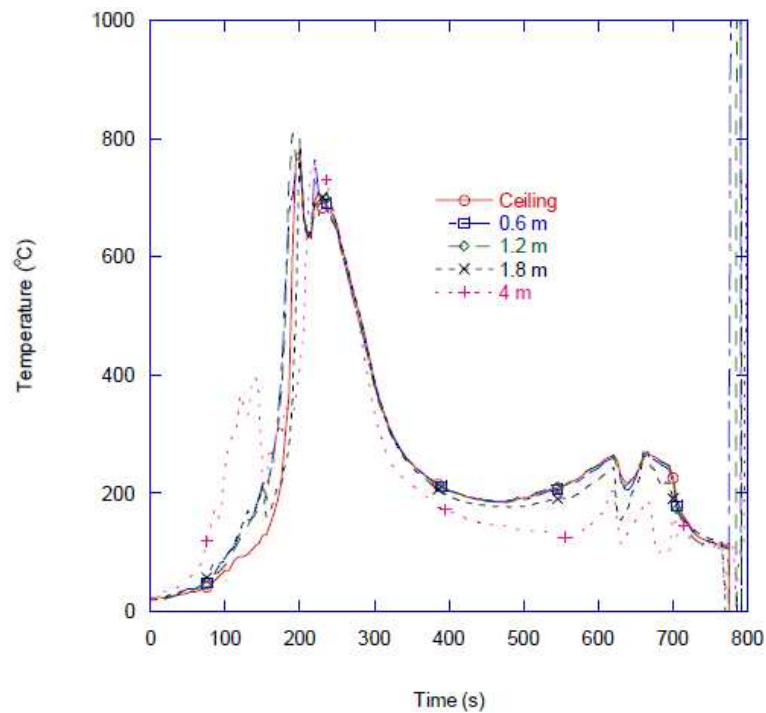


Bild 5 Temperaturverlauf in verschiedenen Höhen (Türentfernung 13,8 m)

Der Vergleich der beiden Bilder zeigt, dass ein Temperaturniveau von 75 °C deutlich unter 100 s erreicht wird und dass dies trotz einer Entfernung von 10 m zwischen den Messstellen beinahe gleichzeitig geschieht. Das Beispiel bestätigt somit den Hinweis, dass in Abhängigkeit vom Brandverlauf bei relativ niedrigen Raumhöhen eine schnelle Rauchausbreitung mit Schichthöhen unterhalb von 1,5 m zu erwarten ist.

Der enorme Einfluss der Brandentwicklung zeigt sich auch bei weiteren Experimenten [8] in einer etwas komplexeren Raumsituation, bei denen unterschiedliche Brandentwicklungen untersucht wurden. Während bei der eher langsamen Brandentwicklung in einer gewissen Entfernung vom Brandort die Temperaturwerte 1,5 m über dem Fußboden für ca. 500 Sekunden deutlich unter 100 °C blieben, wurde dieser Wert bei der schnellen Brandentwicklung innerhalb von 200 Sekunden erreicht.

Diese Beispiele untermauern die Einwände, die gegen das ARGEBAU-Grundsatzpapier erhoben wurden. Entsprechende Einwände wurden jedoch ignoriert und dies mag daran liegen, dass die Verfasser von Richtlinien im Allgemeinen, ob bewusst oder unbewusst, typische Gebäude im Blick haben. Das Problem besteht allerdings darin, dass diese „Standardgebäude“ in der Realität immer seltener auftreten und das Untypische eher zum Regelfall wird. Ein weiterer Aspekt kann in der unterschiedlichen Einschätzung des erreichten Sicherheitsniveaus liegen, dies setzt aber eine Befassung mit dem Thema Risiko voraus.

RISIKOTECHNISCHE BETRACHTUNG DER ENTFLUCHTUNG

Wie im vorangegangenen Kapitel dargelegt, ist bei bestimmten Randbedingungen ein rechnerischer Nachweis der Rauchfreihaltung für den erforderlichen Zeitraum der Entfluchtung nicht möglich. Es stellt sich daher ggf. die Frage nach der Wahrscheinlichkeit dieser Konstellationen. Dieser Frage wird in neueren Forschungsarbeiten am Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz nachgegangen [9], [10]. In einem ersten Schritt wurde beispielhaft für ein einfaches Szenario die Wahrscheinlichkeit einer nicht erfolgreichen Entfluchtung mittels einfacher Modelle für eine 200 m² große und 4 m hohe Versammlungsstätte berechnet. Die verwendeten Modelle bestehen aus dem Zonenmodell CFAST und dem Evakuierungsmodell von Predtechenskii/Milinskii. Die Tabelle 3 zeigt die verwendeten Parameter. Diese Parameter stellen nunmehr stochastische Größen dar, die als normalverteilt unterstellt wurden.

Als Leistungskriterium wurde das erste Unterschreiten einer raucharmen Schichthöhe von 2,5 m angesetzt, d. h. es wird untersucht, mit welcher Wahrscheinlichkeit die Entfluchtung bis zu diesem Ereignis nicht abgeschlossen ist. Die Berechnung erfolgte durch Einsatz eines Monte Carlo Verfahrens. Die Analysen ergaben eine Versagenswahrscheinlichkeit unter der Bedingung, dass ein gefährlicher Brand eingetreten ist, von $p_{f|\text{Brand}} = 6,28 \%$. Neben diesem Ergebnis ist es möglich, die Einflüsse der verschiedenen Parameter aufzuzeigen. Diese Sensitivitätsanalysen zeigen, dass die Brandentwicklungsdauer mit 77 % und

die Premovementzeit mit 22 % den größten Einfluss auf die Versagenswahrscheinlichkeit haben und zusammen 99 % zur resultierenden Varianz beitragen (Bild 6).

Tabelle 3: Stochastische Parameter für den Nachweis mit einfachen Modellen.

Parameter	Mittelwert	Standardabweichung
Max. Wärmefreisetzung	2000 kW	500 kW
Brandentwicklungsdauer bis 1 MW	300 s	80 s
Personendichte pro m ² am Anfang	2,0 P/m ²	0,5 P/m ²
Benutzte Fläche pro Person im Strom	0,1 m ²	0,0125 m ²
Premovementzeit	60 s	15 s

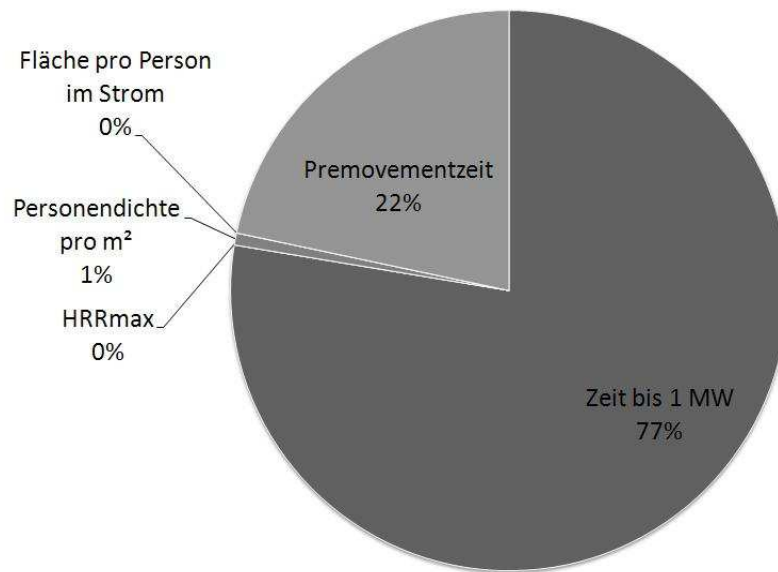


Bild 6 Sensitivitäten für die Zuverlässigkeitsberechnung mit einer Rauchschichthöhe von 2,5 m als Leistungskriterium (die Brandentwicklungsdauer bis zum Erreichen von 1 MW ist der dominierende Parameter), (Quelle: [9])

Diese Verfahrensweise wurde in einer umfangreicheren Arbeit [10] verfeinert, indem andere Leistungskriterien (z. B. optical density) und weitere Einflussfaktoren untersucht wurden. Bestandteil der Untersuchung waren überdies „versteckte“ Brandereignisse, die erst zu einem späteren Zeitpunkt erkennbar sind. In Abhängigkeit von den untersuchten Randbedingungen ergaben sich sehr unterschiedliche Versagenswahrscheinlichkeiten. Beispielsweise sind diese Versagenswahrscheinlichkeiten in nicht unwesentlichem Ausmaß von den gewählten Leistungskriterien (2,5 m raucharme Schicht, Erreichen einer

bestimmten optischen Dichte der Rauchgase, komplexere Einwirkungskriterien) abhängig. Unabhängig von der Einschätzung einzelner Zahlenwerte zeigen jedoch auch diese Untersuchungen, dass ein Einfluss der Rauchentwicklung und Ausbreitung auf die sichere Entfluchtung besteht.

Entscheidend bei dieser Betrachtungsweise ist jedoch, dass eine bessere Differenzierung möglich ist und die Auswirkung der Parameter beurteilbar wird. Weiterhin erlaubt die Kopplung mit der Eintretenswahrscheinlichkeit von Bränden oder Brandentwicklungen eine deutlich bessere Vergleichbarkeit. Diese Vergleichbarkeit bezieht sich einmal auf die verschiedenen Maßnahmen, beispielsweise sind anlagentechnische Maßnahmen wie eine Sprinklerung oder Rauchableitungsmaßnahmen untereinander vergleichbar, es sind aber auch Vergleiche zwischen unterschiedlichen Randbedingungen möglich. Somit kann die oben beschriebene Flursituation untersucht und eine Versagenswahrscheinlichkeit zugeordnet werden. Es ist dann zu entscheiden, ob dieses Ergebnis akzeptabel ist, ggf. sind dann Randbedingungen mit gleicher oder geringerer Versagenswahrscheinlichkeit ebenfalls zuzulassen. Durch Einbeziehung der Auftretenswahrscheinlichkeiten von Brandereignissen und Brandabläufen kann man überdies Gesamtversagenswahrscheinlichkeiten vergleichen, beispielsweise mit denjenigen für konstruktive Maßnahmen. Dem Argument, dass Anforderungen an die Rauchableitung keinen höheren Stellenwert haben dürfen als Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Gebäudeintegrität, kann man sich nicht entziehen.

SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK

Die verschiedenen Betrachtungsweisen führen zum Ergebnis, dass die Rauchableitung aus Rettungswegen zur Sicherstellung der Benutzbarkeit von Rettungswegen in der Phase der Personenrettung sehr wohl eine Rolle spielen kann und somit als Schutzziel in den jeweiligen Fällen auch erforderlich ist. Das Ignorieren dieses Sachverhalts steht im Widerspruch zu Brandexperimenten, den wissenschaftlichen Ergebnissen zum Personenverhalten und den Ergebnissen der Ingenieurverfahren. Es führt überdies dazu, dass im Falle von Abweichungen die Bezugspunkte fehlen, da die jeweiligen Bemessungsziele nur aus den baurechtlich erlaubten Randbedingungen ableitbar sind. Die Erfahrung zeigt, dass in solchen Fällen aufgrund fehlender Bezugsgrößen von den jeweils zuständigen Genehmigungsbehörden weit schärfere Kriterien eingefordert werden.

Diesem Dilemma kann man nur entgehen, wenn man einerseits akzeptiert, dass die Rauchableitung sehr wohl zur Absicherung der Rettungswege beitragen kann, und wenn man die Mühe einer größeren Differenzierung auf sich nimmt. Bei dieser Vorgehensweise müssen diejenigen Randbedingungen identifiziert werden, bei denen auch die Selbstrettung der Nutzer betroffen ist, bzw. Entrauchungsmaßnahmen zur Rettungswegsicherung beitragen. Wie das Beispiel der klassischen Flursituation zeigt, gibt es jedoch Fälle, bei denen eine rein deterministische Betrachtungsweise ein Risiko aufzeigt. Man wird daher

nicht umhin kommen, auch die Risiken zu bewerten. Dies kann einerseits mit Hilfe neuerer probabilistischer Methoden des Brandschutzingenieurwesens geschehen oder durch Abgleich mit einer Brandstatistik. Der zweite Ansatz setzt aber eine entsprechende Erhebung von Daten voraus, die seit langem gefordert wird, deren Umsetzung aber nicht zu erwarten ist.

In diesem Zusammenhang müssen auch die Anforderungen hinsichtlich der Ermöglichung wirksamer Löscharbeiten auf den Prüfstand. Auch hier scheint eine bessere Differenzierung bzw. Prüfung der erreichbaren Zustände notwendig. Maßnahmen, die irgendwie vielleicht hilfreich sind, können nicht Bestandteil baurechtlicher Anforderungen sein. Es ist daher notwendig, einen Kriterienkatalog zu erstellen, anhand dessen die Effektivität der einzelnen Maßnahmen überprüft wird.

LITERATUR

- [1] Messerer, J.; Famers, G.: „Rettung von Personen“ und „wirksame Löscharbeiten“ – bauordnungsrechtliche Schutzziele mit Blick auf die Entrauchung
- [2] Gerhardt, H.,J.: FeuerTrutz Magazin 3.2009
- [3] Messerer, J.: Anmerkungen zu den Leserbriefen, FeuerTrutz Magazin 3.2009
- [4] Proulx, G.; Evacuation Time, SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Fourth Edition 2008, National Fire Protection Ass., One Batterymarch Park, Quincy, Massachusetts
- [5] Purser, D. A.; Assessment of Hazards to Occupants from Smoke, Toxic Gases, and Heat, SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Fourth Edition 2008, National Fire Protection Ass., One Batterymarch Park, Quincy, Massachusetts
- [6] Purser, D.A., Bensilum, M.; Quantification of behaviour for engineering design standards and escape time calculations, Safety Science 38 (2001) 157-182, Elsevier Science Ltd. 2001
- [7] Stroup, D.W. et al; Structural Collapse Fire Tests: Single Story, Ordinary Construction Warehouse, NISTIR 6959, National Inst. Of Standards and Technology, May 2003,
- [8] Robinson, B., et al.; Report on Residential Fireground Field Experiments, National Inst. of Standards, April 2010
- [9] Albrecht, C.; Grundlagen und Sicherheitskonzept für den Nachweis der Entfluchtung im Brandfall, Tischvorlage für die Beratung der Kapitel 8 und 9 des Vfdb-Leitfadens, 2011 (siehe auch [10] und die dort zitierte Literatur)
- [10] Albrecht, C.; A risk-informed and performance-based life safety concept in case of fire, Dissertation, Inst. Für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz, Technische Universität Braunschweig, Heft 217 (212)

ANHANG 1

Anschriften der Referenten und Sitzungsleiter

Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Detzer	Imtech Deutschland GmbH + Co. KG Postfach 70 12 40 22012 Hamburg ruediger.detzer@imtech.de
Dr.-Ing. Sebastian Festag	Hekatron Vertriebs GmbH Brühlmatten 9 79295 Sulburg fes@hekatron.de
Dr.-Ing. Burkhard Forell	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH Schwertnergasse 1 50667 Köln burkhard.forell@grs.de
Dipl.-Ing. Christiane Hahn	Hahn Consult GmbH Am Papenholz 18 38104 Braunschweig HC-BS@Hahn-Consult.de
Heinrich Herbster	Hekatron Vertriebs GmbH Brühlmatten 9 79295 Sulburg hh@hekatron.de
Dr.-Ing. Wilfried Hinrichs	Materialprüfanstalt für das Bauwesen (MPA) Beethovenstraße 52 38106 Braunschweig w.hinrichs@ibmb.tu-bs.de
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dietmar Hosser	Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (iBMB) Technische Universität Braunschweig Beethovenstraße 52 38106 Braunschweig d.hosser@ibmb.tu-bs.de
Dr.-Ing. Björn Kampmeier	Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (iBMB) Technische Universität Braunschweig Beethovenstraße 52 38106 Braunschweig b.kampmeier@ibmb.tu-bs.de

Dr.-Ing. Christoph Klinzmann	hhpberlin Ingenieure für Brandschutz Niederlassung Hamburg Kurze Mühren 20 20095 Hamburg c.klinzmann @hhpberlin.de
Dipl.-Phys. Ingolf Kotthoff	Ing.-Büro für Brandschutz an Fassade Torstraße 17 36457 Stadtlengsfeld ikotthoff@aol.com
Dr.-Ing. Dirk Kruse	Fraunhofer-Institut für Holzforschung Wilhelm-Klauditz-Institut WKI Bienroder Weg 54E 38108 Braunschweig dirk.kruse@wki.fraunhofer.de
Dr.-Ing. Friedrich Mehl	Helenenstraße 23 A 04279 Leipzig friedrich-mehl-leipzig@web.de
Dipl.-Ing. Thorsten Mittmann	Materialprüfanstalt für das Bauwesen (MPA) Beethovenstraße 52 38106 Braunschweig t.mittmann@ibmb.tu-bs.de
Dr.-Ing. Mandy Peter	bauart Konstruktions GmbH & Co. KG Destouchesstraße 65 80796 München peter@bauart-konstruktion.de
Direktor der Branddirektion Prof. Dipl.-Ing. Reinhard Ries	Stadt Frankfurt am Main Feuerwehrstraße 1 60435 Frankfurt am Main reinhard.ries.amt37@stadt-frankfurt.de
Oberregierungsrätin Dr.-Ing. Annette Rohling	Materialprüfanstalt für das Bauwesen (MPA) Beethovenstraße 52 38106 Braunschweig a.rohling@ibmb.tu-bs.de

Dr.-Ing. B. Schneider	Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung 11030 Berlin Bernhard.Schneider@bmvbs.bund.de
Dr. rer. nat. Willi Siegfried	HHP Nord/Ost Beratende Ingenieure GmbH Breite Straße 23 38100 Braunschweig w.siegfried@hnp-nord-ost.de
Dr.-Ing. Jochen Stöbich	Stöbich Brandschutz GmbH Pracherstieg 6 38644 Goslar j.stoebich@stoebich.de
Dipl.-Ing. Mathias Tillmann	Schloßallee 10 53179 Bonn tillmann@fdb-fertigteilbau.de
Dipl.-Ing. Judith Wachtling	Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (iBMB) Technische Universität Braunschweig Beethovenstraße 52 38106 Braunschweig j.wachtling@ibmb.tu-bs.de
Dipl.-Ing. Klaus-Dieter Wathling	Senatsverwaltung für Stadtentwicklung - VI E2 – Oberste Bauaufsicht Württembergische Straße 6 10702 Berlin Klaus- Dieter.Wathling@SenStadt.Berlin.de
Regierungsdirektor a. D. Prof. Dr.-Ing. Jürgen Wesche	Dönhoffstraße 88 51373 Leverkusen j.wesche@gmx.de
Dr. Torsten Wolf	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin Gruppe 4.6 Gefahrstoffmanagement Friedrich-Henkel-Weg 1-25 44149 Dortmund wolf.torsten@baua.bund.de

Dr.-Ing. Jochen Zehfuß

hhpberlin
Ingenieure für Brandschutz
Niederlassung Hamburg
Kurze Mühren 20
20095 Hamburg
j.zehfuss@hhpberlin.de

ANHANG 2

Kurzvorstellung des Veranstalters (iBMB / MPA)

INSTITUT FÜR BAUSTOFFE, MASSIVBAU UND BRANDSCHUTZ (iBMB)



Das Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (iBMB) der Technischen Universität Braunschweig gehört zum Fachbereich für Bauingenieurwesen. Es ist ein Gemeinschaftsinstitut von vier Fachgebieten:

Baustoffe und Stahlbetonbau	Prof. Dr.-Ing. H. Budelmann	(Tel. -5405)
Massivbau	Prof. Dr.-Ing. M. Empelmann	(Tel. -5413)
Brandschutz und Grundlagen des Massivbaus	Prof. Dr.-Ing. D. Hosser	(Tel. -5441)
Organische Werkstoffe und Holzwerkstoffe	Prof. Dr.-Ing. B. Kasal	(Tel. 22077-0)
Geschäftsführender Leiter:	Prof. Dr.-Ing. D. Hosser	(Tel. -5441).

Aufbau und Gliederung des iBMB entsprechen der Vielfalt der Arbeitsgebiete, in denen Bauingenieure, Chemiker, Physiker, Metallkundler, Mineralogen, Maschinenbauer, Informatiker und Elektrotechniker tätig sind. Die Themen der Lehre und Forschung umfassen zum einen das traditionelle Gebiet der grundlegenden Untersuchungen des Festigkeits-, Verformungs- und Dauerverhaltens von Baustoffen und Bauteilen des konstruktiven Ingenieurbaus, speziell des Massivbaus.

Ziel der Forschung ist es, aus theoretischen oder experimentellen Untersuchungen gesicherte Erkenntnisse für die Anwendung in der Praxis zu finden. Zum anderen haben sich in den vergangenen Jahren aus neuen Fragestellungen der Praxis vielfältige Forschungsarbeiten entwickelt. Zu nennen sind hier u. a. die Entwicklung und Anwendung von Polymerwerkstoffen und Faserverbundwerkstoffen im Bauwesen, Fragen zu Konstruktionen und Stoffen der Umwelttechnik sowie Aufgaben im Zusammenhang mit der Bauwerkserhaltung, Denkmalpflege, Dauerhaftigkeit, Instandhaltung und Instandsetzung sowie der Zuverlässigkeit und Sicherheit von Tragwerken.

Typisch für die Brandschutzforschung an der TU Braunschweig sind theoretische und experimentelle Untersuchungen zum Brandverhalten von Baustoffen, Bauteilen und Tragwerken, zur Entstehung und Ausbreitung von Bränden sowie zur risikogerechten Planung von Gebäuden. Auf diesen Grundlagen werden Ingenieurmethoden des Brandschutzes kontinuierlich weiterentwickelt und in Form von Leitfäden oder über die Normung der Praxis zugänglich gemacht.

Die enge Verknüpfung von Forschung und Materialprüfung und die zeitnahe Übertragung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse und Prüferfahrungen in die studentische Ausbildung sind kennzeichnend für die Arbeitsweise des iBMB.

MATERIALPRÜFANSTALT FÜR DAS BAUWESEN BRAUNSCHWEIG (MPA)



Die Materialprüfanstalt für das Bauwesen Braunschweig (MPA) ist seit dem Jahre 1963 beim IBMB angesiedelt. Sie umfasst zurzeit fünf Abteilungen:

Brandschutz	Frau Dr.-Ing. Rohling	(Tel. -5407)
Mechanische Technologie	Dr.-Ing. Gutsch	(Tel. -5446)
Bauwerkserhaltung und Bauwerksabdichtung	Dr. Herrmann	(Tel. -8251)
Chemie, Physik und Umwelt	Dr. Unterderweide	(Tel. -5419)
Zentrale Dienste	Dipl.-Ing. Rusack	(Tel. -5593)
Geschäftsleitung:	Prof. Dr.-Ing. Budelmann	(Tel. -5405)
	Prof. Dr.-Ing. Empelmann	(Tel. -5413)
	Dr.-Ing. Hinrichs	(Tel. -5902)

Die MPA Braunschweig erfüllt im Geschäftsbereich des Niedersächsischen Ministers für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr als fachlich unabhängige Landeseinrichtung vor allem folgende Aufgaben:

- Prüfung von Bauprodukten und Bauarten in den Schwerpunktbereichen
 - Brandschutz
 - Mechanische Eigenschaften von Bauprodukten und Bauarten
 - Schutz und Ertüchtigung von Bauwerken
 - Stoffliche Charakterisierung von Baumaterialien
- Zustandsuntersuchungen, Schadensanalysen und Messungen an Bauwerken
- Überwachung der Bauausführung
- Brandschutztechnische Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten
- Zulassungsprüfungen an neuen Baustoffen und Bauarten
- Ausstellung von allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnissen für Bauprodukte und Bauarten
- Fremdüberwachung der werkseigenen Produktionskontrolle bei der Herstellung von Bauprodukten
- Zertifizierung von Bauprodukten

Seit Jahrzehnten ist die MPA Braunschweig im bauaufsichtlichen Bereich als Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle anerkannt. Sie verfügt zusätzlich über zahlreiche Akkreditierungen und engagiert sich bei der Erstellung von Normen und Richtlinien im nationalen und internationalen Bereich sowie im Erfahrungsaustausch der bauaufsichtlich anerkannten Stellen.

Beethovenstraße 52
D-38106 Braunschweig
Tel. 05 31/391-5400
Fax 05 31/391-5900

Nebenstelle: Hopfengarten 20
D-38102 Braunschweig
Tel. 0531/22077-0
Fax 0531/22077 44

ANHANG 3

VERZEICHNIS DER SCHRIFTEN AUS DEM iBMB

In der Schriftenreihe des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität Braunschweig sind bisher die im folgenden aufgeführten Hefte erschienen.

Vergriffene Titel können gegen Erstattung der Kopierkosten noch geliefert werden.

Lieferbare Schriften können über jede Buchhandlung bezogen werden oder direkt bei:

Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz, Bibliothek

Beethovenstr. 52, D-38106 Braunschweig

(Tel.: 0531/391-5454, Fax : 0531/391-5900)

Die Preisangaben verstehen sich zuzüglich Versandkosten.

Heft 1

Deters, R.

Über das Verdunstungsverhalten und den Nachweis ölgiger Holzschutzmittel. Braunschweig, 1962. 20 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Hochsch., Diss., 1962.

Vergriffen.

Heft 2

Kordina, K.

Das Verhalten von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen unter Feuerangriff. Braunschweig, 1963. 19 S. Sonderdruck aus: Beton 13(1962), S.11-18, 81-84.

Vergriffen.

Heft 3

Eibl, J.

Zur Stabilitätsfrage des Zweigelenkbogens mit biegeweichem Zugband und schlaffen Hängestangen. Braunschweig, 1963. 92 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Hochsch., Diss., 1963.

Vergriffen.

Heft 4

Kordina, K.; Eibl, J.

Ein Verfahren zur Bestimmung des Vorspannverlustes infolge Schlupf in der Verankerung. Zur Frage der Temperaturbeanspruchung von kreiszylindrischen Stahlbetonsilos. Braunschweig, 1964. 16 S. Sonderdruck aus: Beton- und Stahlbetonbau 58 (1963), S.265-268 ; 59(1964) S.1-11.

Vergriffen.

Heft 5

Ertingshausen, H.

Über den Schalungsdruck von Frischbeton. Braunschweig, 1965. 98 S. Zugl.: Hannover, Techn. Hochsch., Diss., 1965.

ISBN 3-89288-060-3.

ISBN-13: 978-3-89288-060-8

7,67 €

Heft 6

Waubke, N.V.

Transportphänomene in Betonporen. Braunschweig, 1966. 76 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Hochsch., Diss., 1968.

ISBN 3-89288-061-1.

ISBN-13: 978-3-89288-061-5

7,67 €

Heft 7

Ehm, H.

Ein Beitrag zur rechnerischen Bemessung von brandbeanspruchten balkenartigen Stahlbetonbauteilen. Braunschweig, 1967.X, 148, 32 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Hochsch., Diss., 1967.

Vergriffen.

Heft 8

Steinert, J.

Möglichkeiten der Bestimmung der kritischen Last von Stab- und Flächentragwerken mit Hilfe ihrer Eigenfrequenz. Braunschweig, 1967.93, 27 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Hochsch., Diss., 1967.

Vergriffen.

Heft 9

Lämmke, A.

Untersuchungen an dämmschichtbildenden Feuerschutzmitteln. Braunschweig, 1967. 151 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Hochsch., Diss., 1967.

Vergriffen.

Heft 10

Rafla, K.

Beitrag zur Frage der Kippstabilität aufgehängter Träger. Braunschweig, 1968. V, 177 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Hochsch., Diss., 1968.

Vergriffen.

Heft 11

Ivanyi, G.

Die Traglast von offenen, kreisförmigen Stahlbetonquerschnitten: Brazier-Effekt. Braunschweig, 1968. 89 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Hochsch., Diss., 1968.

Vergriffen.

Heft 12

Meyer-Ottens, C.

Brandverhalten verschiedener Bauplatten aus Baustoffen der Klassen A und B. Braunschweig, 1969. 20 S.

Vergriffen.

Heft 13

Fuchs, G.
Zum Tragverhalten von kreisförmigen Doppelsilos unter Berücksichtigung der Eigensteifigkeit des Füllgutes. Braunschweig, 1968. 82 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Hochsch., Diss., 1968.

Vergriffen.

Heft 14

Meyer-Ottens, C.
Wände aus Holz und Holzwerkstoffen unter Feuerangriff. Braunschweig., 1970. 18 S. Sonderdruck aus: Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung, H.56(1969).

Vergriffen.

Heft 15

Lewandowski, R.
Beurteilung von Bauwerksfestigkeiten anhand von Betongütewürfeln und Bohrproben. Braunschweig, 1970. IX, 165 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Hochsch., Diss., 1970.

Vergriffen.

Heft 16

Neubauer, F.-J.
Untersuchungen zur Frage der Rissesicherung von leichten Trennwänden aus Gips-Wandbauplatten. Braunschweig, 1970. 123 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Hochsch., Diss., 1969.

Vergriffen.

Heft 17

Meyer-Ottens, C.; Kordina, K.
Gutachten über das Brandverhalten von Bauteilen aus dampfgehärtetem Gasbeton; aufgestellt für den Fachverband Gasbetonindustrie. Braunschweig, 1970. 28 S.

Vergriffen.

Heft 18

Bödeker, W.
Die Stahlblech-Holz-Nagelverbindung und ihre Anwendung : Grundlagen und Bemessungsvorschläge. Braunschweig, 1971. 124 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1971.

ISBN 3-89288-057-3.
ISBN-13: 978-3-89288-057-8

7,67 €

Heft 19

Meyer-Ottens, C.
Bauaufsichtliche Brandschutzvorschriften: Beispiele für ihre Erfüllung bei Wänden, Brandwänden und Decken. Braunschweig, 1971.

Vergriffen.

Heft 20

Liermann, K.
Das Trag- und Verformungsverhalten von Stahlbetonbrückenpfeilern mit Rollenlagern. Braunschweig, 1972. 138 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1972.

ISBN 3-89288-056-5.
ISBN-13: 978-3-89288-056-1

7,67 €

Heft 21

Janko, B.
Zum Trag- und Verformungsverhalten ebener Stockwerkrahmen aus Stahlbeton. Braunschweig., 1972. XI, 155 S. Zugl.: Braunschweig, Tech. Univ., Diss., 1972.

ISBN 3-89288-055-7.
ISBN-13: 978-3-89288-055-4

10,23 €

Heft 22

Nürnberger, U.
Zur Frage des Spannungsrißkorrosionsverhaltens kohlenstoffarmer Betonstähle in Nitratlösungen unter Berücksichtigung praxisnaher Verhältnisse. Braunschweig, 1972. 153 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1972.

ISBN 3-89288-054-9.
ISBN-13: 978-3-89288-054-7

10,23 €

Heft 23

Meyer-Ottens, C.
Zur Frage der Abplatzungen an Betonbauteilen aus Normalbeton bei Brandbeanspruchung. Braunschweig, 1972. 90 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1972.

Vergriffen.

Heft 24

El-Arousy, T.H.
Über die Steinkohlenflugasche und ihre Wirkung auf die Eigenschaften von Leichtbeton mit geschlossenem Gefüge im frischen und festen Zustand. Braunschweig, 1973. 165 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1973.

ISBN 3-89288-053-0.
ISBN-13: 978-3-89288-053-0

Vergriffen.

Heft 25

Rieche, G.
Mechanismen der Spannungskorrosion von Spannstählen im Hinblick auf ihr Verhalten in Spannbetonkonstruktionen. Braunschweig, 1973. 126 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1973.

ISBN 3-89288-052-2.
ISBN-13: 978-3-89288-052-3

7,67 €

Heft 26

Tennstedt, E.

Beitrag zur rechnerischen Ermittlung von Zwangsschnittgrößen unter Berücksichtigung des wirklichen Verformungsverhaltens des Stahlbetons. Braunschweig, 1974. 141 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1974.

ISBN 3-89288-051-4.

ISBN-13: 978-3-89288-051-6

7,67 €

Heft 27

Schneider, U.

Zur Kinetik festigkeitsmindernder Reaktionen in Normalbetonen bei hohen Temperaturen. Braunschweig, 1973.IVX, 100 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1973.

Vergriffen.**Heft 28**

Neisecke, J.

Ein dreiparametrisches, komplexes Ultraschall-Prüfverfahren für die zerstörungsfreie Materialprüfung im Bauwesen. Braunschweig, 1974. 108 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1974.

ISBN 3-89288-050-6.

ISBN-13: 978-3-89288-050-9

7,67 €

Heft 29

Kordina, K.; Maack, P.; Hjorth, O.

Traglastermittlung an Stahlbeton-Druckgliedern: Schlussbericht zum Forschungsvorhaben "Traglastermittlung von Stahlbeton-Druckgliedern" (AIF-Nr. 956). Braunschweig, 1974.IV, 95, 18, 18, 52, 87 S.

ISBN 3-89288-048-4.

ISBN-13: 978-3-89288-048-6

10,23 €

Heft 30

Eibl, J.; Ivanyi, G.

Berücksichtigung der Torsionssteifigkeit von Randbalken bei Stahlbetondecken: Schlussbericht. Braunschweig, 1974. 168 S.

Vergriffen.**Heft 31**

Kordina, K.; Janko, B.

Stabilitätsnachweise von Rahmensystemen im Stahlbetonbau: Schlussbericht zum Forschungsvorhaben "Stabilitätsnachweise von Rahmensystemen im Stahlbetonbau (AIF-Nr. 1388). Braunschweig, 1974. 48, 56, 155 S.

ISBN 3-89288-049-2.

ISBN-13: 978-3-89288-049-3

Vergriffen.**Heft 32**

Hjorth, O.

Ein Beitrag zur Frage der Festigkeiten und des Verbundverhaltens von Stahl und Beton bei hohen Beanspruchungsgeschwindigkeiten. Braunschweig, 1976. 188 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1975.

Vergriffen.**Heft 33**

Klingsch, W.

Traglastberechnung instationär thermisch belasteter schlanker Stahlbetondruckglieder mittels zwei- und dreidimensionaler Diskretisierung. Braunschweig, 1976. 192 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1976.

Vergriffen.**Heft 34**

Djamous, F.

Thermische Zerstörung natürlicher Zuschlagstoffe im Beton. Braunschweig, 1977.127 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1977.

Vergriffen.**Heft 35**

Haksever, A.

Zur Frage des Trag- und Verformungsverhaltens ebener Stahlbetonrahmen im Brandfall. Braunschweig, 1977.XIV, 133, 12 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1977.

Vergriffen.**Heft 36**

Storkebaum, K.-H.

Ein Beitrag zur Traglastermittlung von vierseitig gelagerten Stahlbetonwänden. Braunschweig, 1977. 88 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1977.

ISBN 3-89288-045-X.

ISBN-13: 978-3-89288-045-5

7,67 €

Heft 37

Bechtold, R.

Zur thermischen Beanspruchung von Außenstützen im Brandfall. Braunschweig, 1977. V, 140, 12 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1977.

ISBN 3-89288-046-8.

ISBN-13: 978-3-89288-046-2

Vergriffen.**Heft 38**

Steinert, J.

Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit von Kiesbeton aus dem Wassereindringverhalten. Braunschweig, 1977. 57 S. Unveränd. Nachdr. d. Erstveröffentlichung Bad Honnef: Osang, 1977 (Zivilschutzforschung ; Bd. 7).

Vergriffen.

Heft 39

Weiß, R.
Ein haufwerkstheoretisches Modell der Restfestigkeit geschädigter Betone. Braunschweig, 1978. 112 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1978.
ISBN 3-89288-047-6.
ISBN-13: 978-3-89288-047-9
7,67 €

Heft 40

Alda, W.
Zum Schwingkriechen von Beton. Braunschweig, 1978. 209 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1978.
ISBN 3-89288-035-2.
ISBN-13: 978-3-89288-035-6
12,78 €

Heft 41.

Teutsch, M.
Trag- und Verformungsverhalten von Stahlbeton- und Spannbetonbalken mit rechteckigem Querschnitt unter kombinierter Beanspruchung aus Biegung, Querkraft und Torsion. Braunschweig, 1979. 181, 220 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1979.
ISBN 3-89288-036-0.
ISBN-13: 978-3-89288-036-3
12,78 €

Heft 42

Schneider, U.
Ein Beitrag zur Frage des Kriechens und der Relaxation von Beton unter hohen Temperaturen. Braunschweig, 1979. 128, 47 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1979.
Vergriffen.

Heft 43

Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz - Veröffentlichungen 1967 bis 1979. Braunschweig, 1979. 54 S.
ISBN 3-89288-037-9.
ISBN-13: 978-3-89288-037-0
5,11 €

Heft 44

Kordina, K.; Fröning, H.
Druckmessungen in Silozellen mit einer neu entwickelten Sonde: Abschlussbericht eines von der DFG gef. Forschungsvorhabens mit dem Titel "Druckmessungen im Inneren von mittleren bis großen Silozellen". Braunschweig, 1979. 21, 60 S.
ISBN 3-89288-038-7.
ISBN-13: 978-3-89288-038-7
7,67 €

Heft 45

Henke, V.
Ein Beitrag zur Zuverlässigkeit frei gelagerter Stahlbetonstützen unter genormter Brandeinwirkung. Braunschweig, 1980. 150 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1980.
Vergriffen.

Heft 46

Schneider, U.; Haksever, A.
Wärmebilanzrechnungen für Brandräume mit unterschiedlichen Randbedingungen (Teil 1). Braunschweig, 1980. 79 S.
Vergriffen.

Heft 47

Walter, R.
Partiell brandbeanspruchte Stahlbetondecken: Berechnung des inneren Zwanges mit einem Scheibenmodell. Braunschweig, 1981. 149 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1981.
ISBN 3-89288-039-5.
ISBN-13: 978-3-89288-039-4
7,67 €

Heft 48

Svensvik, B.
Zum Verformungsverhalten gerissener Stahlbetonbalken unter Einschluss der Mitwirkung des Betons auf Zug in Abhängigkeit von Last und Zeit. Braunschweig, 1981. 201 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1981.
ISBN 3-89288-040-9.
ISBN-13: 978-3-89288-040-0
12,78 €

Heft 49

Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz - Veröffentlichungen 1967 bis 1981. Braunschweig, 1981. 89 S.
ISBN 3-89288-041-7.
ISBN-13: 978-3-89288-041-7
5,11 €

Heft 50

Ojha, S.K.
Die Steifigkeit und das Verformungsverhalten von Stahlbeton- und Spannbetonbalken unter kombinierter Beanspruchung aus Torsion, Biegemoment, Querkraft und Axialkraft. Braunschweig, 1982. II, 103 S.
ISBN 3-89288-042-5.
ISBN-13: 978-3-89288-042-4
7,67 €

Heft 51

Henke, V.
Zusammenstellung und Anwendung Bayes'scher Verfahren bei der Stichprobenbeurteilung : (Projekt D1 des SFB 148). Braunschweig, 1982. 2, 49, 2, 12 S.
ISBN 3-89288-043-3.
ISBN-13: 978-3-89288-043-1
5,11 €

Heft 52

Haksever, A.
 Stahlbetonstützen mit Rechteckquerschnitten
 bei natürlichen Bränden. Braunschweig, 1982.
 143, 30 S. Zugl.: Istanbul, Techn. Univ., Habil-
 Schr., 1982.
 ISBN 3-89288-044-1.
 ISBN-13: 978-3-89288-044-8
10,23 €

Heft 53

Weber, V.
 Untersuchung des Riss- und Verformungsver-
 haltens segmentärer Spannbetonbauteile. Braun-
 schweig, 1982.III, 191 S. Zugl.: Braunschweig,
 Techn. Univ., Diss., 1982.
 ISBN 3-89288-017-4.
 ISBN-13: 978-3-89288-017-2
10,23 €

Heft 54.

Ranisch, E.-H.
 Zur Tragfähigkeit von Verklebungen zwischen
 Baustahl und Beton: geklebte Bewehrung.
 Braunschweig, 1986 (Unveränd. Nachdruck).
 173 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ.,
 Diss., 1982.
 ISBN 3-89288-010-7.
 ISBN-13: 978-3-89288-010-3
10,23 €

Heft 55

Wiedemann, G.
 Zum Einfluss tiefer Temperaturen auf Festigkeit
 und Verformung von Beton. Braunschweig,
 1982. 149 S. Zugl.: Braunschweig, Techn.
 Univ., Diss. 1982.
Vergriffen.

Heft 56

Timm, R.
 Ein geometrisch und physikalisch nichtlineares
 Rechenmodell zur optimalen Biegebemessung
 ebener Stahlbetonrahmen. Braunschweig, 1982.
 261 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ.,
 Diss., 1982.
 ISBN 3-89288-018-2.
 ISBN-13: 978-3-89288-018-9
12,78 €

Heft 57

Diederichs, U.
 Untersuchungen über den Verbund zwischen
 Stahl und Beton bei hohen Temperaturen.
 Braunschweig, 1983. 183 S. Zugl.: Braun-
 schweig, Techn. Univ., Diss., 1983.
 ISBN 3-89288-019-0.
 ISBN-13: 978-3-89288-019-6
10,23 €

Heft 58

Schneider, U.
 Wärmebilanzrechnungen in Verbindung mit
 Versuchen in Brandräumen (Teil 2). Braun-
 schweig, 1983. 34 S.
 ISBN 3-89288-020-4.
 ISBN-13: 978-3-89288-020-2
5,11 €

Heft 59

Dobbernack, R.; Schneider, U.
 Wärmebilanzrechnungen in Brandräumen unter
 Berücksichtigung der Mehrzonenmodellbildung
 (Teil 3). Braunschweig, 1983. 96 S.
 ISBN 3-89288-021-2.
 ISBN-13: 978-3-89288-021-9
7,67 €

Heft 60

Hillger, W.
 Verbesserungen und Erweiterungen von Ultra-
 schallprüfverfahren zur zerstörungsfreien Fehl-
 stellen- und Qualitätskontrolle von Betonbau-
 teilen. Braunschweig, 1983. 142 S. Zugl.:
 Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1983.
 ISBN 3-89288-014-X.
 ISBN-13: 978-3-89288-014-1
7,67 €

Heft 61

Blume, F.
 Zur Wirklichkeitsnähe der Lastannahmen in
 Silovorschriften für Zellen aus Stahlbeton und
 Spannbeton. Braunschweig, 1984. X, 215,
 124 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ.,
 Diss., 1984.
 ISBN 3-89288-013-1.
 ISBN-13: 978-3-89288-013-4
12,78 €

Heft 62

Nölting, D.
 Das Durchstanzen von Platten aus Stahlbeton:
 Tragverhalten, Berechnung, Bemessung. Braun-
 schweig, 1984. 8, 174, 43 S. Zugl.: Braun-
 schweig, Techn. Univ., Diss., 1984.
 ISBN 3-89288-012-3.
 ISBN-13: 978-3-89288-012-7
12,78 €

Heft 63

Wesche, J.
 Brandverhalten von Stahlbetonplatten im bau-
 praktischen Einbauzustand. Braunschweig,
 1985. 130, 17 S. Zugl.: Braunschweig, Techn.
 Univ., Diss., 1985.
 ISBN 3-89288-009-3.
 ISBN-13: 978-3-89288-009-7
10,23 €

Heft 64

Droese, S.
Untersuchungen zur Technologie des Gleitschalungsbaus. Braunschweig, 1985. VIII, 213 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1985. ISBN 3-89288-000-X.
ISBN-13: 978-3-89288-000-4
12,78 €

Heft 65

Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz - Forschungsarbeiten 1978 - 1983. Braunschweig, 1984. 305 S.
ISBN 3-89288-001-8.
ISBN-13: 978-3-89288-001-1
12,78 €

Heft 66

Hegger, J.
Einfluss der Verbundart auf die Grenztragfähigkeit von Spannbetonbalken. Braunschweig, 1985. VI, 195 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1985.
ISBN 3-89288-002-6.
ISBN-13: 978-3-89288-002-8
12,78 €

Heft 67

Kepp, B.
Zum Tragverhalten von Verankerungen für hochfeste Stäbe aus Glasfaserverbundwerkstoff als Bewehrung im Spannbetonbau. Braunschweig, 1985. 147 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1985.
ISBN 3-89288-003-4.
ISBN-13: 978-3-89288-003-5
7,67 €

Heft 68

Sager, H.
Zum Einfluss hoher Temperaturen auf das Verbundverhalten von einbetonierten Bewehrungsstäben. Braunschweig, 1985. VIII, 181 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1985.
ISBN 3-89288-004-2.
ISBN-13: 978-3-89288-004-6
10,23 €

Heft 69

Haß, R.
Zur praxisgerechten brandschutztechnischen Beurteilung von Stützen aus Stahl und Beton. Braunschweig, 1986. V, 113, 48 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1986.
ISBN 3-89288-005-0.
ISBN-13: 978-3-89288-005-9
Vergriffen (Kopie: 20,45 €).

Heft 70

Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz - 17. Forschungskolloquium des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton: März 1986; Kurzfassungen der Beiträge. Braunschweig, 1986. 148 S.
ISBN 3-89288-006-9.
ISBN-13: 978-3-89288-006-6
10,23 €

Heft 71

Ehm, C.
Versuche zur Festigkeit und Verformung von Beton unter zweiaxialer Beanspruchung und hohen Temperaturen. Braunschweig, 1986. III, 120 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1986.
ISBN 3-89288-007-7.
ISBN-13: 978-3-89288-007-3
7,67 €

Heft 72

Hartwich, K.
Zum Riss- und Verformungsverhalten von stahlfaserverstärkten Stahlbetonstäben unter Längszug. Braunschweig, 1986. V, 202 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1986.
ISBN 3-89288-008-5.
ISBN-13: 978-3-89288-008-0
12,78 €

Heft 73

Scheuermann, J.
Zum Einfluss tiefer Temperaturen auf Verbund und Rissbildung von Stahlbetonbauteilen. Braunschweig, 1987. 224 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1987.
ISBN 3-89288-011-5.
ISBN-13: 978-3-89288-011-0
12,78 €

Heft 74

Hinrichsmeyer, K.
Strukturorientierte Analyse und Modellbeschreibung der thermischen Schädigung von Beton. Braunschweig, 1987. II, 162 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1987.
ISBN 3-89288-015-8.
ISBN-13: 978-3-89288-015-8
10,23 €

Heft 75

Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz - Fachseminar Neue Bemessungsregeln durch Änderung der Stahlbeton- und Spannbetonvorschriften DIN 1045, DIN 4227: Juni 1986; Kurzfassungen der Beiträge. Braunschweig, 1986. 100 S.
ISBN 3-89288-022-0.
ISBN-13: 978-3-89288-022-6
15,34 €

Heft 76

Budelmann, H.
Zum Einfluss erhöhter Temperaturen auf Festigkeit und Verformung von Beton mit unterschiedlichen Feuchtegehalten. Braunschweig, 1987.VI, 215 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1987.
ISBN 3-89288-016-6.
ISBN-13: 978-3-89288-016-5
12,78 €

Heft 77

Großmann, F.
Spannungen und bruchmechanische Vorgänge im Normelbeton unter Zugbeanspruchung. Braunschweig, 1987.VII, 174, 160 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1987.
ISBN 3-89288-023-9.
ISBN-13: 978-3-89288-023-3
12,78 €

Heft 78

Rohling, A.
Zum Einfluss des Verbundkriechens auf die Rissbreitenentwicklung sowie auf die Mitwirkung des Betons zwischen den Rissen. Braunschweig, 1987.VI, 230 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1987.
ISBN 3-89288-024-7.
ISBN-13: 978-3-89288-024-0
12,78 €

Heft 79

Henning, W.
Zwangrissbildung und Bewehrung von Stahlbetonwänden auf steifen Unterbauten. Braunschweig, 1987.IX, 226 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1987.
ISBN 3-89288-025-5.
ISBN-13: 978-3-89288-025-7
12,78 €

Heft 80

Richter, E.
Zur Berechnung der Biegetragfähigkeit brandbeanspruchter Spannbetonbauteile unter Berücksichtigung geeigneter Vereinfachungen für die Materialgesetze. Braunschweig, 1987.V, 137 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1987.
ISBN 3-89288-026-3.
ISBN-13: 978-3-89288-026-4
7,67 €

Heft 81

Kiel, M.
Nichtlineare Berechnung ebener Stahlbetonflächentragwerke unter Einschluss von Brandbeanspruchung. Braunschweig, 1987.VI, 155 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1987.
ISBN 3-89288-027-1.
ISBN-13: 978-3-89288-027-1
10,23 €

Heft 82

Konietzko, A.
Polymerspezifische Auswirkungen auf das Tragverhalten modifizierter zementgebundener Betone (PCC). Braunschweig, 1988. 143 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1988.
ISBN 3-89288-028-X.
ISBN-13: 978-3-89288-028-8
10,23 €

Heft 83

Grzeschkowitz, R.
Zum Trag- und Verformungsverhalten schlanker Stahlbetonstützen unter besonderer Berücksichtigung der schiefen Biegung. Braunschweig, 1988. VIII, 139 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1988.
ISBN 3-89288-030-1.
ISBN-13: 978-3-89288-030-1
10,23 €

Heft 84

Wiese, J.
Zum Trag- und Verformungsverhalten von Stahlbetonplatten unter partieller Brandbeanspruchung. Braunschweig, 1988. XI, 205 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1988.
ISBN 3-89288-031-X.
ISBN-13: 978-3-89288-031-8
12,78 €

Heft 85

Rudolph, K.
Traglastberechnung zweiachsig biegebeanspruchter Stahlbetonstützen unter Brandeinwirkung. Braunschweig, 1988. 119 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1988.
ISBN 3-89288-032-8.
ISBN-13: 978-3-89288-032-5
7,67 €

Heft 86

Kordina, K.; Meyer-Ottens, C.; Noack, I.
Einfluss der Eigenbrandlast auf das Brandverhalten von Bauteilen aus brennbaren Baustoffen. Braunschweig, 1989. 60 S.
ISBN 3-89288-058-1.
ISBN-13: 978-3-89288-058-5
Vergriffen (Kopie: 10,23 €).

Heft 87

Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität Braunschweig - Forschungsarbeiten 1984 - 1989. Braunschweig, 1989. 299 S.
ISBN 3-89288-034-4.
ISBN-13: 978-3-89288-034-9
15,34 €

Heft 88

Grossert, E.
Untersuchungen zum Tragverhalten von Massivbrücken mit zweizelligem Kastenquerschnitt. Braunschweig, 1989. VII, 206, 29 S. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1989.
ISBN 3-89288-059-X.
ISBN-13: 978-3-89288-059-2
12,78 €

Heft 89

Weiterbildungsseminar Bauen in Europa : 15.-16. November 1990 in Braunschweig; Kurzreferate. Braunschweig, 1990. 169 S.
ISBN 3-89288-063-8.
ISBN-13: 978-3-89288-063-9
12,78 €

Heft 90

Falkner, H.; Teutsch, M.; Claußen, T.; Voß, K.
Vorspannung im Hochbau. Überarb. Aufl. Feb. 1991.
ISBN 3-89288-064-6
ISBN-13: 978-3-89288-064-6
Vergriffen (Kopie: 10,23 €).

Heft 91

Fachtagung Spannbeton im Hoch- und Industriebau : Kurzreferate. 1991.
ISBN 3-89288-065-4
ISBN-13: 978-3-89288-065-3
10,23 €

Heft 92

Heins, T.
Simulationsmodell zur sicherheitstechnischen Beurteilung der Rauchausbreitung bei Bränden in ausgedehnten Räumen. 1991. VII, 142 S. Zugl.: Braunschweig, Univ., Diss., 1991.
ISBN 3-89288-066-2
ISBN-13: 978-3-89288-066-0
Vergriffen (Kopie: 10,23 €).

Heft 93

Hagen, E.
Zur Prognose des Gefährdungspotentials von Raumbränden. 1992. Zugl.: Braunschweig, Univ., Diss., 1991.
ISBN 3-89288-070-0.
ISBN-13: 978-3-89288-070-7
11,25 €

Heft 94

Fachseminar Instandsetzung und Ertüchtigung von Massivbauten : 14./15. November 1991 in Braunschweig; Kurzreferate. 1991.
ISBN 3-89288-068-9.
ISBN-13: 978-3-89288-068-4
10,45 €

Heft 95

Qualitätssicherung im Bauwesen: VMPA-Tagung 1992 ; 25.-26.6.1992, Tagungsbericht.
ISBN 3-89288-071-9.
ISBN-13: 978-3-89288-071-4
15,34 €

Heft 96

Weiterbildungsseminar Brandschutz im Industriebau: 30.9.1992 in Braunschweig; Kurzreferate.
ISBN 3-89288-070-0.
ISBN-13: 978-3-89288-070-7
Vergriffen (Kopie: 12,78 €).

Heft 97

Braunschweiger Bauseminar 1992: Neue Technologien im Bauwesen, Tagung 12.-13.11.1992 in Braunschweig.
ISBN 3-89288-073-5.
ISBN-13: 978-3-89288-073-8
20,45 €

Heft 98

Gunkler, E.
Verstärkung biegebeanspruchter Mauerwerkswände durch bewehrte Ergänzungsschichten. 1993. V, 175, 58 S. Zugl.: Braunschweig, Univ., Diss., 1992.
ISBN 3-89288-074-3.
ISBN-13: 978-3-89288-074-5
15,34 €

Heft 99

Dorn, T.
Zur Berechnung des Tragverhaltens brandbeanspruchter Tragwerke in Verbundbauweise unter besonderer Berücksichtigung der Träger-Stützen-Anschlüsse. 1993. VI, 146 S. Zugl.: Braunschweig, Univ., Diss., 1992.
ISBN 3-89288-075-1.
ISBN-13: 978-3-89288-075-2
12,78 €

Heft 100

Fachseminar Stahlfaserbeton: 4. März 1993 in Braunschweig; Neue Erkenntnisse und Anwendungsgebiete. 1993. 156 S.
ISBN 3-89288-076-X.
ISBN-13: 978-3-89288-076-9
Vergriffen (Kopie: 20,45 €).

Heft 101

Falkner, H.; Teutsch, M.
Vergleichende Untersuchungen an unbewehrten und bewehrten stahlfaserbewehrten Industriefußböden. 1993. 79 S.
ISBN 3-89288-077-8.
ISBN-13: 978-3-89288-077-8
12,78 €

Heft 102

Falkner, H.; Teutsch, M.
Comperative investigations of plain and steel
fibre reinforced industrial ground slabs. 1993.
ISBN 3-89288-078-6.
ISBN-13: 978-3-89288-078-3
12,78 €

Heft 103

5. Fachseminar Brandschutz - Forschung und
Praxis: 06./07.10.1993 in Braunschweig; Kurz-
referate.
ISBN 3-89288-079-4.
ISBN-13: 978-3-89288-079-0
15,34 €

Heft 104

Thienel, K.-C.
Festigkeit und Verformung von Beton bei hoher
Temperatur und biaxialer Beanspruchung. 1993
Zugl.: Braunschweig, Univ., Diss., 1993.
ISBN 3-89288-80-8.
ISBN-13: 978-3-89288-080-6
12,78 €

Heft 105

Dauerhafte Bauwerke aus Faserbeton:
Braunschweiger Bauseminar 1993; 11.-
12.11.1993.
ISBN 3-89288-081-6.
ISBN-13: 978-3-89288-081-3
Vergriffen (Kopie: 20,45 €).

Heft 106

Neuentwicklungen im baulichen
Brandschutz: Dr. Meyer-Ottens
60 Jahre; Fachseminar 18.03.1994 in
Braunschweig.
ISBN 3-89288-085-9.
ISBN-13: 978-3-89288-085-1
15,34 €

Heft 107

Bunte, D.
Zum karbonatisierungsbedingten
Verlust der Dauerhaftigkeit von Außenbauteilen
aus Stahlbeton. 1994. Zugl.: Braunschweig,
Univ., Diss.,
ISBN 3-89288-086-7.
ISBN-13: 978-3-89288-086-8
20,45 €

Heft 108

Holzenkämpfer, P.
Ingenieurmodell des Verbundes geklebter
Bewehrung für Betonbauteile. Zugl.: Braun-
schweig, Univ., Diss., 1994.
ISBN 3-89288-087-5.
ISBN-13: 978-3-89288-087-5
17,90 €

Heft 109

Institut für Baustoffe, Massivbau und
Brandschutz der TU Braunschweig [Hrsg.]
Forschungsarbeiten 1990 - 1994.
Braunschweig, 1994.
ISBN 3-89288-088-3.
ISBN-13: 978-3-89288-088-2
30,68 €

Heft 110

Falkner, H.; Teutsch, M.; Huang, Z.
Untersuchung der Schubtragfähigkeit und der
Wasserundurchlässigkeit von Arbeitsfugen
unter Verwendung von Stremaform-Abschalele-
menten.
Falkner, H.; Teutsch, M.; Claußen, T.
Schubtragfähigkeit des Vergussbetons zwischen
Köcher-, Block- oder Hülsenfundamenten und
Stützenfuß bei unterschiedlich profilierten Be-
tonoberflächen. 1994.
ISBN 3-89288-089-1.
ISBN-13: 978-3-89288-089-9
10,23 €

Heft 111

Voß, K.-U.
Zum Trag- und Verformungsverhalten von
Spannbetonträgern im Zustand II - unter-
schiedliches Verbundverhalten bei Schwell-
beanspruchung. 1994.
Zugl.: Braunschweig, Univ., Diss., 1993.
ISBN 3-89288-090-5.
ISBN-13: 978-3-89288-090-5
16,36 €

Heft 112

Weiterbildungsseminar Brandschutz bei Son-
derbauten: 05./06.10.1994 in Braunschweig.
Kurzreferate. 1994
ISBN 3-89288-092-1.
ISBN-13: 978-3-89288-092-9
Vergriffen (Kopie: 15,34 €).

Heft 113

Aus der Forschung in die Praxis:
10./11.11.1994. Braunschweiger Bauseminar
1994.
ISBN 3-89288-091-3.
ISBN-13: 978-3-89288-091-2
25,56 €

Heft 114

Warnecke, P.
Tragverhalten und Konsolidierung von histori-
schem Natursteinmauerwerk. 1995. Zugl.:
Braunschweig, Univ., Diss., 1995.
ISBN 3-89288-094-8.
ISBN-13: 978-3-89288-094-3
Vergriffen (Kopie: 17,90 €).

Heft 115

Braunschweiger Brandschutz-Tage 1995:
6. Fachseminar Brandschutz - Forschung und
Praxis: 04./05.10.1995; Kurzreferate.
ISBN 3-89288-093-X.
ISBN-13: 978-3-89288-093-6
Vergriffen (Kopie: 15,34 €).

Heft 116

Huang, Z.
Grenzbeanspruchung gebetteter Stahlfaserbe-
tonplatten. 1995. Zugl.: Braunschweig. Univ.,
Diss. 1995.
ISBN 3-89288-095-6.
ISBN-13: 978-3-89288-095-0
Vergriffen (Kopie: 15,34 €).

Heft 117

Falkner, H.; Teutsch, M.; Huang, Z. Unter-
suchung des Trag- und Verformungsverhaltens
von Industriefußböden aus Stahlfaserbeton.
1995.
ISBN 3-89288-096-4.
ISBN-13: 978-3-89288-096-7
Vergriffen (Kopie: 23,01 €).

Heft 118

Kubat, B.
Durchstanzverhalten von vorgespannten, punkt-
förmig gestützten Platten aus Stahlfaserbeton.
1995. Zugl.: Braunschweig, Univ.; Diss., 1995.
ISBN 3-89288-097-2.
ISBN-13: 978-3-89288-097-4
Vergriffen (Kopie: 17,90 €).

Heft 119

Braunschweiger Bauseminar 1995: "Dichte
Betonbauwerke"; 09./10.11.1995.
ISBN 3-89288-098-0.
ISBN-13: 978-3-89288-098-1
Vergriffen (Kopie: 25,56 €).

Heft 120

Steinert, C.
Bestimmung der Wärmeübergangsbedingungen
auf Bauteile im Brandfall: Abschlussbericht.
1995.
ISBN 3-89288-099-9.
ISBN-13: 978-3-89288-099-8
13,29 €

Heft 121

Schütte, J.; Teutsch, M.; Falkner, H.: Fugenlose
Betonbodenplatten: Forschungsbericht. 1996.
ISBN 3-89288-100-6.
ISBN-13: 978-3-89288-100-1
Vergriffen (Kopie: 17,90 €)

Heft 122

Weiterbildungsseminar Brandschutz bei Sonder-
bauten: 24./25.09.1996 in Braunschweig.
Kurzreferate. 1996.
ISBN 3-89288-101-4.
ISBN-13: 978-3-89288-101-8
Vergriffen (Kopie: 15,34 €).

Heft 123

Droese, S.; Riese, A.
Belastungsversuche an zwei Durchlauf-Platten-
streifen aus Elementplatten mit Aufbeton aus
Stahlfaserbeton. 1996.
ISBN 3-89288-102-4.
ISBN-13: 978-3-89288-102-5
10,23 €

Heft 124

Hankers, C.
Zum Verbundtragverhalten laschenverstärkter
Betonbauteile unter nicht vorwiegend ruhender
Beanspruchung. 1996. Zugl.: Braunschweig,
TU, Diss.
ISBN 3-89288-103-0.
ISBN-13: 978-3-89288-103-2
Vergriffen (Kopie: 17,90 €).

Heft 125

Schmidt-Döhl, F.
Ein Modell zur Berechnung von kombinierten
chemischen Reaktions- und Transportprozessen
und seine Anwendung auf die Korrosion
mineralischer Baustoffe. 1996. Zugl.: Braun-
schweig, TU, Diss.
ISBN 3-89288-104-9.
ISBN-13: 978-3-89288-104-9
20,45 €

Heft 126

Falkner, H.; Teutsch, M.: Braunschweiger
Bauseminar 1996: Ingenieurbauwerke mit
neuen Konzepten. 14./15.11.1996.
ISBN 3-89288-105-7.
ISBN-13: 978-3-89288-105-6
30,68 €

Heft 127

Forschung über Baudenkmalpflege - Arbeitsbe-
richte. 1990 - 1993. 1996.
ISBN 3-89288-106-5.
ISBN-13: 978-3-89288-106-3
25,56 €

Heft 128

Festschrift zum 65. Geburtstag von Prof. Dr.-
Ing. F. S. Rostásy. Baustoffe in Praxis, Lehre
und Forschung. 1997.
ISBN 3-89288-107-3.
ISBN-13: 978-3-89288-107-0
26,59 €

Heft 129

Forschung über Baudenkmalpflege - Arbeitsberichte. 1994. 1997.

ISBN 3-89288-108-1.

ISBN-13: 978-3-89288-108-7

20,45 €

Heft 130

Forschung über Baudenkmalpflege - Arbeitsberichte. 1995. 1997.

ISBN 3-89288-109-X.

ISBN-13: 978-3-89288-109-4

20,45 €

Heft 131

Falkner, H.; Teutsch, M.; Klinkert, H.: Trag- und Verformungsverhalten dynamisch beanspruchter Fahrbahnen aus Beton- und Stahlfaserbeton. Forschungsbericht. 1997.

ISBN 3-89288-110-3.

ISBN-13: 978-3-89288-110-0

10,23 €

Heft 132

Schütte, J.

Einfluss der Lagerungsbedingungen auf Zwang in Betonbodenplatten. 1997.

Zugl.: Braunschweig, TU, Diss.

ISBN 3-89288-111-1.

ISBN-13: 978-3-89288-111-7

15,34 €

Heft 133

Braunschweiger Brandschutz-Tage 1997:

7. Fachseminar Brandschutz - Forschung und Praxis: 01./02.10.1997; Kurzreferate.

ISBN 3-89288-112-X.

ISBN-13: 978-3-89288-112-4

Vergriffen (Kopie: 17,90 €).

Heft 134

Ameler J.

Betonverhalten bei hohen Temperaturen und triaxialer Beanspruchung - FE-Modell auf der Basis der Betonstruktur. 1997

Zugl.: Braunschweig, TU, Diss.

ISBN 3-89288-113-8.

ISBN-13: 978-3-89288-113-1

17,90 €

Heft 135

Rostásy, F. S.; Wigger, H.

Konsolidierung von historischem Natursteinmauerwerk: 06. - 7.11.1997 in Braunschweig

ISBN 3-89288-114-6.

ISBN-13: 978-3-89288-114-8

Vergriffen (Kopie: 20,45 €).

Heft 136

Falkner, H.; Teutsch, M. [Hrsg.]: Braunschweiger Bauseminar 1997: Innovatives Bauen; 13. - 14.11.1997 in Braunschweig.

ISBN 3-89288-115-4.

ISBN-13: 978-3-89288-115-5

16,36 €

Heft 137

Forschung über Baudenkmalpflege - Arbeitsberichte: 1996 - 1997, 1998

ISBN 3-89288-116-2.

ISBN-13: 978-3-89288-116-2

25,56 €

Heft 138

Scheibe, M.

Vorhersage des Zeitstandverhaltens unidirektionaler Aramidfaserverbundstäbe in alkalischer Umgebung. 1998. Zugl.: Braunschweig TU, Diss., 1998.

ISBN 3-89288-117-0.

ISBN-13: 978-3-89288-117-9

17,90 €

Heft 139

Weiterbildungsseminar Brandschutz bei Sonderbauten: 29./30.09.1998 in Braunschweig;

Kurzreferate 1998.

ISBN 3-89288-118-9.

ISBN-13: 978-3-89288-118-6

Vergriffen (Kopie: 17,90 €).

Heft 140

Gutsch, A.-W.

Stoffeigenschaften jungen Betons - Versuche und Modelle 1998. Zugl.: Braunschweig, TU, Diss.

ISBN 3-89288-119-7

ISBN-13: 978-3-89288-119-3

20,45 €

Heft 141

Falkner, H.; Teutsch, M. [Hrsg.]: Braunschweiger Bauseminar 1998: Beton auf neuen Wegen; 12./13.11.1998

ISBN 3-89288-120-0

ISBN-13: 978-3-89288-120-9

25,56 €

Heft 142

Festschrift zum 60. Geburtstag von

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Horst Falkner.

1999

ISBN 3-89288-121-9

ISBN-13: 978-3-89288-121-6

28,12 €

Heft 143

Teutsch, M.; Klinkert, H.: Leistungsklassen von
Stahlfaserbeton. 1999.
ISBN 3-89288-122-7
ISBN-13: 978-3-89288-122-3
6,65 €

Heft 144

Forschungsarbeiten 1995 – 1999. 1999
ISBN 3-89288-123-5
ISBN-13: 978-3-89288-123-0
23,01 €

Heft 145

Braunschweiger Brandschutz-Tage 1999:
8. Fachseminar Brandschutz - Forschung und
Praxis: 04./05.10.1999 in Braunschweig;
Kurzreferate 1999.
ISBN 3-89288-124-3.
ISBN-13: 978-3-89288-124-7
Vergriffen (Kopie: 17,90 €).

Heft 146

Falkner, H.; Teutsch, M. [Hrsg.]: Braun-
schweiger Bauseminar 1999: Bauen im nächsten
Jahrtausend 11./12.11.1999.
ISBN 3-89288-125-1
ISBN-13: 978-3-89288-125-4
16,87 €

Heft 147

Weiterbildungsseminar Brandschutz bei Sonder-
bauten: 28./29.03.2000 in Braunschweig;
Kurzreferate 2000.
ISBN 3-89288-126-X.
ISBN-13: 978-3-89288-126-1
17,90 €

Heft 148:

Hariri, K.: Bruchmechanisches Verhalten
jungen Betons - Laser-Speckle-Interferometrie
und Modellierung der Rissprozesszone. 2000.
Zugl.: Braunschweig, TU, Diss., 2000.
ISBN 3-89288-127-8
ISBN-13: 978-3-89288-127-8
18,41 €

Heft 149:

Wigger, H.: Rissbildung in historischem Natur-
steinmauerwerk : Beobachtung, Versuche und
Berechnungsmodelle. 2000.
Zugl.: Braunschweig, TU, Diss., 2000.
ISBN 3-89288-128-6
ISBN-13: 978-3-89288-128-5
18,92 €

Heft 150:

Neubauer, U.: Verbundtragverhalten geklebter
Lamellen aus Kohlenstofffaser – Verbundwerk-
stoff zur Verstärkung von Betonbauteilen. 2000
Zugl.: Braunschweig, TU, Diss., 2000.
ISBN 3-89288-129-4.
ISBN-13: 978-3-89288-129-2
20,45 €

Heft 151:

Hosser, D. ; Blume, G. ; Will, J.: Brandschutz in
Chemikalienlagern. 2000.
ISBN 3-89288-130-8
ISBN-13: 978-3-89288-130-8
20,45 €

Heft 152:

Falkner, H. ; Teutsch, M. [Hrsg.]: Trends und
Entwicklungen im Bauwesen : 9.-10.11.2000 ;
Braunschweiger Bauseminar 2000.
ISBN 3-89288-131-6
ISBN-13: 978-3-89288-131-5
25,56 €

Heft 153:

Rostásy, F.S. ; Budelmann, H. [Hrsg.]: Riss-
beherrschung massiger Betonbauteile :
Bauwerk, Werkstoff, Simulation;
Braunschweig, 20.3.2001.
ISBN 3-89288-132-4
ISBN-13: 978-3-89288-132-2
30,68 €

Heft 154:

Krauß, M. ; Hariri, K. ; Rostásy, F.S.:
Hydratationsgrad, Ultraschall-Technik zur Be-
schreibung der Erhärtung, bruchmechanisches
Verhalten jungen Betons : Berichte; For-
schungsprojekt der EU (Brite Euram BE96-
3843), IPACS. 2001.
[Enthaltene Beiträge in englischer Sprache]
ISBN 3-89288-135-9.
ISBN-13: 978-3-89288-135-3
27,61 €

Heft 155:

Gutsch, A. ; Rostásy, F.S.: Spannungs-
Dehnungslinie, viskoelastisches Verhalten und
autogenes Schwinden jungen Betons : Berichte ;
Forschungsprojekt der EU (Brite Euram BE96-
3843), IPACS. 2001.
[Enthaltene Beiträge in englischer Sprache]
ISBN 3-89288-136-7
ISBN-13: 978-3-89288-136-0
19,43 €

Heft 156:

Rostásy, F.S. ; Krauß, M. ; Gutsch, A.:
Spannungsberechnung und Risskriterien für
jungen Beton – Methoden des iBMB : Bericht ;
Forschungsprojekt der EU (Brite Euram BE96-
3843), IPACS. 2001.
[Enthaltene Beitrag in englischer Sprache]
ISBN 3-89288-137-5
ISBN-13: 978-3-89288-137-7
16,36 €

Heft 157:

Rostásy, F.S. ; Krauß, M. ; Gutsch, A.:
Früher Zwang in massigen Sohlplatten : Bericht
; Forschungsprojekt der EU (Brite Euram BE96-
3843), IPACS. 2001.
[Enthaltene Beitrag in englischer Sprache]
ISBN 4-89288-138-3
ISBN-13: 978-3-89288-138-4
25,56 €

Heft 158:

Braunschweiger Brandschutztage 2001: 9. Fach-
seminar Brandschutz - Forschung und Praxis ;
1.-2. Oktober 2001 in Braunschweig.,
Kurzreferate. 2001.
ISBN 3-89288-139-1
ISBN-13: 978-3-89288-139-1
23,01 €

Heft 159:

Falkner, H. ; Teutsch, M. [Hrsg.]: Bauen im
Wandel der Zeit : 8.-9.11.2001 ; Braunschwei-
ger Bauseminar 2001.
ISBN 3-89288-140-5
ISBN-13: 978-3-89288-140-7
23,01 €

Heft 160:

Beiträge zum 40. Forschungskolloquium des
Deutschen Ausschusses für Stahlbeton : 11.-
12.10.2001. 2001.
ISBN 3-89288-141-3
ISBN-13: 978-3-89288-141-4
25,65 €

Heft 161:

Dora, B.: Hydraulisch erhärtende Baustoffe aus
Betonbrechsand – Phasenveränderungen durch
Temperaturbehandlung und Einsatzmöglichkeit.
Zugl.: Braunschweig, TU, Diss., 2001.
ISBN 3-89288-142-1
ISBN-13: 978-3-89288-142-1
20 €

Heft 162:

RO 70 : 50 Jahre Forschung und 25 Disserta-
tionen ; Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. zum 70 Ge-
burtstag gewidmet. 2002.
ISBN 3-89288-143-X.
ISBN-13: 978-3-89288-143-8
25 €

Heft 163:

Praxisseminar 2002: Brandschutz bei Sonder-
bauten : 01./02.10.2002 in Braunschweig ;
Kurzreferate.
2002.
ISBN 3-89288-144-8
ISBN-13: 978-3-89288-144-5
25 €

Heft 164:

Falkner, H.; Teutsch, M. [Hrsg.]: Stahlfaser-
beton – ein unberechenbares Material?: 14. und
15. November; Braunschweiger Bauseminar
2002.
ISBN 3-89288-145-6
ISBN-13: 978-3-89288-145-2
25 €

Heft 165

Niemann, P.: Gebrauchsverhalten von Boden-
platten aus Beton unter Einwirkungen infolge
Last und Zwang. Zugl.: Braunschweig, TU,
Diss., 2002.
ISBN 3-89288-146-4
ISBN-13: 978-3-89288-146-9
20 €

Heft 166

Bauen im Bestand: 25. März 2003 in Braun-
schweig.
ISBN 3-89288-147-2
ISBN-13: 978-3-89288-147-6
22 €

Heft 167

Blume, G. W.: Ingenieurmodell zur brand-
schutztechnischen Bemessung von Bauteilen
auf der Basis von experimentell ermittelten Ver-
brennungseffektivitäten. 2003.
Zugl.: Braunschweig, TU, Diss., 2002.
ISBN 3-89288-148-0
ISBN-13: 978-3-89288-148-3
15 €

Heft 168

Braunschweiger Brandschutztage 2003: 10. Fachseminar Brandschutz – Forschung und Praxis; 30.09. – 01.10.2003 in Braunschweig, Kurzreferate. 2003.

ISBN 3-89288-149-9

ISBN-13: 978-3-89288-149-0

25 €

Heft 169

Falkner, H.; Teutsch, M. (Hrsg.): Bauforschung und –praxis in schwierigen Zeiten: 13. und 14. November; Braunschweiger Bauseminar 2003.

ISBN 3-89288-150-2

ISBN-13: 978-3-89288-150-6

20 €

Heft 170

Hemmy, O.: Zum Gebrauchs- und Tragverhalten von Tunnelschalen aus Stahlfaserbeton und stahlfaserverstärktem Stahlbeton.

Zugl.: Braunschweig, TU, Diss. 2003.

ISBN 3-89288-151-0

ISBN-13: 978-3-89288-151-3

19 €

Heft 171

Dehne, M.: Probabilistisches Sicherheitskonzept für die brandschutztechnische Bemessung. 2003. Zugl.: Braunschweig, TU, Diss. 2003.

ISBN 3-89288-153-7

ISBN-13: 978-3-89288-153-7

18 €

Heft 172

Paliga, K.: Entstehung und Vermeidung von Betonabplatzungen bei Tunnelbränden. 2003.

Zugl.: Braunschweig, TU, Diss. 2003.

ISBN 3-89288-154-5

ISBN-13: 978-3-89288-154-4

20 €

Heft 173

Festschrift zum 60. Geburtstag von Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dietmar Hosser: Brandschutz und mehr. 2003.

ISBN 3-89288-152-9

ISBN-13: 978-3-89288-152-0

30 €

Heft 174

Timm, M.: Verbundwirkung des Betons im Bereich von STREMAFORM – Abschalelementen: Untersuchungsbericht; Okt. 2000. 2004.

ISBN 3-89288-156-1

ISBN-13: 978-3-89288-156-8

5 €

Heft 175

Zehfuß, J.: Risikogerechte Bemessung von Tragsystemen mehrgeschossiger Gebäude in Stahlbauweise für natürliche Brandbeanspruchung. 2004.

Zugl.: Braunschweig, TU, Diss., 2004.

ISBN 3-89288-155-3

ISBN-13: 978-3-89288-155-1

18 €

Heft 176

Nause, P.: Berechnungsgrundlagen für das Brandverhalten von Druckgliedern aus hochfestem Beton. 2004. Zugl.: Braunschweig, TU, Diss., 2004.

Erscheint nicht in der iBMB-Schriftenreihe

Heft 177

Budelmann, H.; Falkner, H. [Hrsg.]: Bauen im Bestand: 23. März 2004.

ISBN 2-89288-158-8

ISBN-13: 978-3-89288-158-2

25 €

Heft 178

Hosser, D. [Hrsg.]: Praxisseminar 2004: Brandschutz bei Sonderbauten: 29. – 30.9.2004 in Braunschweig; Kurzreferate. 2004.

ISBN 3-89288-159-6

ISBN-13: 978-3-89288-159-9

25 €

Heft 179

Krauß, M.: Probabilistisches Nachweiskonzept zur Kontrolle früher Trennrisse in massigen Betonbauteilen 2004. Zugl.: Braunschweig, TU, Diss. 2004.

ISBN 3-89288-160-X

ISBN-13: 978-3-89288-160-5

18 €

Heft 180

Weiske, R.: Durchleitung hoher Stützenlasten bei Stahlbetonflachdecken. 2004. Zugl.: Braunschweig, TU, Diss., 2004.

ISBN 3-89288-161-8

ISBN-13: 978-3-89288-161-2

20 €

Heft 181

Falkner, H.; Teutsch, M. [Hrsg.]: Qualität im Bauwesen: 11. und 12. November; Braunschweiger Bauseminar 2004.

ISBN 3-89288-162-6

ISBN-13: 978-3-89288-162-9

25 €

Heft 182

Festschrift zum 60. Geburtstag von Univ.-Prof. Klaus Peter Großkurth: Struktur und Anwendung der Baustoffe. 2005.

ISBN 3-89288-163-4

ISBN-13: 978-3-89288-163-6

25 €

Heft 183

Bauen im Bestand: 23. Februar 2005.

ISBN 3-89288-164-2

ISBN-13: 978-3-89288-164-3

22 €

Heft 184

Hinrichs, W.: Charakterisierung einer einheitlichen Messmethodik und Validierung ausgewählter Verfahren für die Bestimmung der Maschenweiten von Stahldrahtgeweben. Das Forschungsvorhaben wurde von der Stiftung Stahlanwendungsforschung im Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e. V. gefördert (AZ: A182/S24/10036/02). 2005.

ISBN 3-89288-166-9

ISBN-13: 978-3-89288-166-7

25 €

Heft 185

Hosser, D. [Hrsg.]: Braunschweiger Brandschutz-Tage '05: 11. Fachseminar Brandschutz-Forschung und Praxis, 28. und 29. September 2005 in Braunschweig; Tagungsband. 2005

ISBN 3-89288-167-7

ISBN-13: 978-3-89288-167-4

25 €

Heft 186

Will, J.: Entwicklung eines sauerstoffkalorimetrischen Verfahrens zur Bestimmung von Brandparametern bei unterschiedlich ventilierten Bränden. Zugl.: Braunschweig, TU, Diss. 2005.

ISBN 3-89288-168-5

ISBN-13: 978-3-89288-168-1

20 €

Heft 187

Rigo, E. M.: Ein probabilistisches Konzept zur Beurteilung der Korrosion zementgebundener Baustoffe durch lösenden und treibenden Angriff. 2005. Zugl.: Braunschweig, TU, Diss. 2005.

ISBN 3-89288-169-3

ISBN-13: 978-3-89288-169-8

18 €

Heft 188

Bauen im Bestand: Beton in der Abwassertechnik; 6. Sept. 2005.

ISBN 3-89288-170-7

ISBN-13: 978-3-89288-170-4

25 €

Heft 189

Gerritzen, D. P.: Zur Frage der Nachnutzbarkeit verbundlos vorgespannter Stahlbetondecken nach Brandeinwirkung. 2005. Zugl.: Braunschweig, TU, Diss., 2005.

ISBN 3-89288-171-5

ISBN-13: 978-3-89288-171-1

18 €

Heft 190

Falkner, H.; Teutsch, M. [Hrsg.]: Bewe(ä)hrter Betonbau: 10. und 11. November; Braunschweiger Bauseminar 2005.

ISBN 3-89288-172-3

ISBN-13: 978-3-89288-172-8

25 €

Heft 191

Kurzberichte aus der Forschung 2005 [CD-ROM]. 2006

ISBN-10: 3-89288-173-1

ISBN-13: 978-89288-173-5

5 €

Heft 192

Hosser, D. [Hrsg.]: Brandschutz bei Sonderbauten: Praxisseminar 2006, 26.-27. September 2006; Tagungsband. 2006.
ISBN-10: 3-89288-174-X
ISBN-13: 978-3-89288-174-2
25 €

Heft 193

Sperling, D.: Eine Methode zur automatisierten Überwachung von Spannbetonwegträgern. 2006. Inhaltsverzeichnis. Zugl.: Braunschweig, TU, Diss., 2006.
ISBN-10: 3-89288-175-8
ISBN-13: 978-3-89288-175-9
20 €

Heft 194

Grunert, J. P.: Zum Tragverhalten von Spannbetonfertigteilbalken aus Stahlfaserbeton ohne Betonstahlbewehrung. 2006. Inhaltsverzeichnis. Zugl.: Braunschweig, TU, Diss., 2006.
ISBN-10: 3-89288-176-6
ISBN-13: 978-3-89288-176-6
25 €

Heft 195

Bau Symposium Braunschweig (BSB 2007): Stand und Entwicklung des Trockenbaus; 8. März. 2007. Inhaltsverzeichnis
ISBN 978-3-89288-177-3
ISBN-13: 978-3-89288-177-3
20 €

Heft 196

Bruder, S.: Adaptives Modell der Dauerhaftigkeit im Zuge der Überwachung von Betonbauwerken. 2007. Inhaltsverzeichnis. Zugl.: Braunschweig, TU, Diss., 2006.
ISBN 978-3-89288-178-0
ISBN-13: 978-3-89288-178-0
27 €

Heft 197

Holst, A.: Korrosionsmonitoring und Bruchortung vorgespannter Zugglieder in Bauwerken. 2007. Inhaltsverzeichnis Summary. Zugl.: Braunschweig, TU, Diss., 2007.
ISBN 978-3-89288-179-7
ISBN-13: 978-3-89288-179-7
25 €

Heft 198

Forell, B.: A Methodology to assess Species Yields of Compartment Fires by means of an extended Global Equivalence Ratio Concept. 2007. Inhaltsverzeichnis. Zugl.: Braunschweig, TU, Diss., 2006. [auch online zugänglich über die homepage der Universitätsbibliothek Braunschweig].
ISBN 978-3-89288-180-3
ISBN-13: 978-3-89288-180-3
15 €

Heft 199

Hosser, D. [Hrsg.]: Braunschweiger Brandschutz-Tage '07: 21. Fachtagung Brandschutz – Forschung und Praxis, 26. und 27. September 2007 in Braunschweig, Tagungsband. Inhaltsverzeichnis
ISBN 978-3-89288-181-0
ISBN-13: 978-3-89288-181-0
25 €

Heft 200

Nothnagel, R.: Hydratations- und Strukturmodell für Zementstein. 2007. Zugl.: Braunschweig, TU, Diss., 2007.
ISBN 978-3-89288-182-0
ISBN-13: 978-3-89288-182-0
20 €

Heft 201

Riese, O.: Ein Brandausbreitungsmodell für Kabel. 2007. Zugl.: Braunschweig, TU, Diss., 2007.
ISBN 978-3-89288-183-4
ISBN-13: 978-3-89288-183-4
18 €

Heft 202

Hosser, D. [Hrsg.]: Braunschweiger Brandschutz-Tage '08: 22 Fachtagung Brandschutz bei Sonderbauten, 30.09./1.10.2008 in Braunschweig. Tagungsband
ISBN 978-3-89288-185-8
ISBN-13: 978-3-89288-185-8
25 €

Heft 203

Klinzmann, C.: Methodik zur computergetützten, probabilistischen Bauwerksbewertung unter Einbeziehung von Bauwerksbewertung unter Einbeziehung von monitoring. 2008. Inhaltsverzeichnis Summary. Zugl.: Braunschweig, TU, Diss., 2008.
ISBN 978-3-89288-186-5
ISBN-13: 978-3-89288-186-5
18 €

Heft 204

Schnetgöke, R.: Zuverlässigkeitsorientierte Systembewertung von Massivbauwerken als Grundlage für die Bauwerksüberwachung, 2008. Zugl.: Braunschweig, TU, Diss., 2008.
ISBN 978-3-89288-187-2
ISBN-13: 978-3-89288-187-2
18 €

Heft 205

Bau Symposium Braunschweig (BSB 2008): Konstruktiver Holzbau; 4. November 2008. Inhaltsverzeichnis.
ISBN 978-3-89288-188-9
25 €

Heft 206

Kampmeier B.; Risikogerechte Brandschutzlösungen für den mehrgeschossigen Holzbau, 2008. Zugl.: Braunschweig, TU, Diss., 2008.
ISBN 978-3-89288-189-6
18 €

Heft 207

Husemann, U.: Erhöhung der Verbundtragfähigkeit von nachträglich aufgeklebten Lamellen durch Bügelumschließungen. 2009. Zugl.: Braunschweig, TU, Diss., 2009.
ISBN 978-3-89288-190-2
15 €

Heft 208

Hosser, D. [Hrsg.]: Braunschweiger Brandschutz-Tage '09: 23. Fachtagung Brandschutz – Forschung und Praxis, 29.09./30.09.2009 in Braunschweig. Tagungsband.
ISBN 978-3-89288-191-9
25 €

Heft 209

Sperbeck, S. T.: Seismic Risk Assessment of Masonry Walls and Risk Reduction by Means of Prestressing. 2009. Zugl.: Braunschweig, TU, Diss., 2009.
ISBN 978-3-89288-192-6
25 €

Heft 210

Hosser, D. [Hrsg.]: Braunschweiger Brandschutz-Tage 2010 : 24. Fachtagung Brandschutz bei Sonderbauten, 21./22.09.2010. Tagungsband.
ISBN 978-3-89288-194-0
25 €

Heft 211

Hohm, V.: Wärmetransportmodell für gekoppelte Prozesse in der Brandsimulation. 2010. Zugl.: Braunschweig TU, Diss., 2010.
ISBN 978-3-89288-195-7
25 €

Heft 212

Kruse, D.: Entwicklung von Hochleistungsbrandschutzbeschichtungen zum Entzündungsschutz von Holz unter Vollbrandbedingungen. 2010. Zugl.: Braunschweig, TU, Diss., 2010.
ISBN 978-3-89288-196-4
22 €

Heft 213

Twelmeier, H.: Dauerhaftigkeitsprognose der Verfügu ng von gipshaltigem historischem Mauerwerk, 2011. Zugl.: Braunschweig, TU, Diss., 2010
ISBN 978-3-89288-197-1
20 €

Heft 214

Hosser, D. [Hrsg.]: Braunschweiger Brandschutz-Tage 2011: 25. Fachtagung Brandschutz – Forschung und Praxis, 27.09./28.09.2011. Tagungsband.
ISBN 978-3-89288-198-8
25 €

Heft 215

Hollmann, D. W.: Grundlagen und Ingenieurmodell für den Nachweis von Holzbauteilen mit Hochleistungsbrandschutzbeschichtung, 2011. Zugl.: Braunschweig, TU, Diss., 2011.
ISBN 978-3-89288-199-5
25 €

Heft 216

Rostásy, F. S.: Assessment of Mechanical Properties of Structural Materials for Cryogenic Application (June 1988), 2011.
ISBN 978-3-89288-200-8
18 €

Heft 217

Albrecht, C.: Risk-informed and performance-based life safety concept in case of fire. Zugl.: Braunschweig, TU, Diss., 2012.
ISBN 978-3-89288-202-2
20 €

Heft 218

Hosser, D. [Hrsg.]: Braunschweiger Brandschutz-Tage 2012 : 26. Fachtagung Brandschutz bei Sonderbauten, 19./20.09.2012. Tagungsband.
ISBN 978-3-89288-203-9
... €

A.3

Außerhalb der Schriftenreihe sind noch folgende Tagungsbände zu Fachseminaren erschienen. Sie können ebenfalls bei der Bibliothek des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz unter der o. g. Anschrift bezogen werden.

1. Fachseminar Brandschutz - Forschung und Praxis: 16./17.09.1987 in Braunschweig; Kurzreferate. Eigenverlag iBMB, 1987. ISBN 3-89288-0697
11 €

2. Fachseminar Brandschutz - Forschung und Praxis: 15./16.09.1988 in Braunschweig; Kurzreferate. Eigenverlag iBMB, 1988. ISBN 3-89288-029-8.
11 €

3. Fachseminar Brandschutz - Forschung und Praxis: 06./07.09.1989 in Braunschweig; Kurzreferate. Eigenverlag iBMB, 1989. ISBN 3-89288-033-6
Vergriffen (Kopie: 11 €)

Weiterbildungsseminar Brandschutz im Industriebau 06.09.1990 in Braunschweig; Kurzreferate. Eigenverlag iBMB, 1990. ISBN 3-89288-062-X
11 €

4. Fachseminar Brandschutz - Forschung und Praxis: 07./08.10.1991 in Braunschweig; Kurzreferate. Eigenverlag iBMB, 1991. ISBN 3-89288-067-0
11 €

Hosser, D [Hrsg.]: 9. Internationales Brandschutz-Symposium „Ingenieurmethoden für die Brandsicherheit“. 25. und 26. Mai 2001 in München; Kurzreferate. ISBN 3-89288-133-2
23 €

Hosser, D [Hrsg.]: 10. Internationales Brandschutz-Symposium „Ingenieurmethoden des Brandschutzes“. 6. und 7. Juni 2005 in Hannover; Kurzreferate. ISBN 3-89288-165-0
25 €