

**Rauchübertragung bei Lüftungsanlagen  
mit Absperrvorrichtungen gegen  
Brandübertragung ohne Rauchaus-  
löseeinrichtungen**

**T 3043**

**T 3043**

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

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

Im Originalmanuskript enthaltene Farbvorlagen, wie z.B. Farbfotos, können nur in Grautönen wiedergegeben werden. Liegen dem Fraunhofer IRB Verlag die Originalabbildungen vor, können gegen Berechnung Farbkopien angefertigt werden. Richten Sie Ihre Anfrage bitte an die untenstehende Adresse.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2004, ISBN 3-8167-6547-5

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

**Fraunhofer IRB Verlag**

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69  
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart

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

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

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

# Rauchübertragung bei Lüftungsanlagen mit Absperrvorrichtungen gegen Brandübertragung ohne Rauchauslöseeinrichtungen

## Abschlussbericht

Dipl.-Ing. H.-G. Klingelhöfer

Dipl.-Phys. J. F. Pennings

Dipl.-Ing. Th. Krause-Czeranka

Materialprüfungsamt Nordrhein-Westfalen

Mai 2003

Inhaltsverzeichnis:

<u>1</u>	<u>Aufgabenstellung .....</u>	<u>3</u>
<u>2</u>	<u>Versuchsanordnung .....</u>	<u>3</u>
<u>3</u>	<u>Simulationsrechnungen .....</u>	<u>5</u>
3.1	Ziel der Berechnungen .....	5
3.2	Beschreibung des Programms .....	5
<u>4</u>	<u>Brandversuche .....</u>	<u>8</u>
4.1	Umfang der Untersuchungen .....	8
4.2	Versuchsreihe 1 - Ermittlung des Schließverhaltens der Absperrvorrichtungen .....	8
4.3	Versuchsreihe 2 - Ermittlung von Abbrandraten .....	9
4.4	Versuchsreihe 3 - Ermittlung von Abbrand- und Energiefreisetzungsraten.....	10
4.5	Versuchsreihe 4 - Versuche an manuell steuerbaren Drosselklappen.....	10
4.6	Versuchsreihe 5 - Versuche unter „worst-case“-Bedingungen .....	11
4.7	Versuchsreihe 6 - Ermittlung Schließverhalten bei Deckenschotts .....	12
4.8	Versuchsreihe 7 - Erprobung Rauchgenerator .....	12
4.9	Versuchsreihe 8 - Hauptversuchsreihe zur Ermittlung der Rauchübertragung .....	13
4.10	Versuchsreihe 9 - Polystyrolversuche als Ergänzung zu Versuchsreihe 8 .....	15
<u>5</u>	<u>Diskussion der Ergebnisse.....</u>	<u>16</u>

## 1 Aufgabenstellung

Die Bau- und Prüfgrundsätze für Absperrvorrichtungen gegen Feuer und Rauch in Lüftungsleitungen (Brandschutzklappen) sehen vor, dass die Brandschutzklappen durch thermisch wirkende Auslöseeinrichtungen im Brandfall verschlossen werden. Auf eine generelle Forderung, sie mit Rauchauslöseeinrichtungen auszurüsten, wurde verzichtet. Hierfür sprachen einerseits Gründe der Wirtschaftlichkeit, andererseits der Vorteil, dass es bei thermisch ausgelösten Brandschutzklappen zumindest in der Frühphase des Brandes (Schwelbrandphase) möglich ist, die Lüftungsanlagen zur Abführung von Rauch einzusetzen.

In der Diskussion über die Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Auslöseeinrichtungen für die Absperrvorrichtungen wurde auf die Gefahr einer Rauchübertragung nach unten für Lüftungsanlagen nach DIN 18017 verwiesen, wenn die brandschutztechnische Abtrennung zwischen den be- bzw. entlüfteten Geschossen durch in den Decken eingebaute Absperrvorrichtungen erfolgt. Es wurde auf das Risiko hingewiesen, dass nach Schließen der in Strömungsrichtung hinter dem Brandraum liegenden Brandschutzklappen eine Rauchübertragung in andere Räume erfolgen kann, solange die als Abtrennung zu diesen Räumen vorgesehenen Brandschutzklappen noch nicht geschlossen sind.

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens sollte durch praktische Untersuchungen und durch begleitende computergestützte Simulationsrechnungen die Möglichkeit einer Rauchübertragung nach unten bei Lüftungsleitungen nach DIN 18017 überprüft werden. Die betrachteten Lüftungsanlagen sollten mit Absperrvorrichtungen gegen Brandübertragung ohne Rauchauslöseeinrichtungen ausgerüstet werden, d.h. Absperrvorrichtungen, die über ein Schmelzlot auslösen, sowie Absperrvorrichtungen, bei denen der Verschluss durch Aufschäumen eines Dämmschichtbildners erreicht wird.

Zur Klärung der Fragestellung des Vorhabens wurde in einem für dieses Forschungsvorhaben errichteten Prüfstand Brandversuche mit verschiedenen Brandszenarien durchgeführt. Parallel zu diesen praktischen Untersuchungen wurden die Brandverläufe und die Rauchgasströme rechnerisch simuliert. Durch diese rechnerische Begleitung der Untersuchungen sollte die Möglichkeit geschaffen werden, die Versuchsergebnisse auf weitere Brandszenarien theoretisch zu übertragen, um so eine Aussage über die ungünstigste Situation im Hinblick auf die Rauchübertragung ableiten zu können.

## 2 Versuchsanordnung

Für die Untersuchungen wurde in einem Prüfstand des MPA NRW ein 3-geschossiges Versuchshaus aus Porenbetonmauerwerk errichtet. Der für die Versuche vorgesehene Raum war in der Mitte angeordnet (Brandraum). Darüber und darunter befanden sich Beobachtungsräume. Das Versuchshaus hatte eine lichte Grundfläche von 2,00 m x 4,00 m. Aus konstruktiven Gründen war der untere Beobachtungsraum etwas kleiner und hatte nur eine Grundfläche von 1,76 m x 4,00 m. Die lichte Höhe des Brandraums betrug 2,45 m, die der Beobachtungsräume 1,80 m. Jedes Geschoss besaß eine Zugangsöffnung, die mit einer 40 mm dicken Kalziumsilikatplatte geschlossen werden konnte. In diesen 40 mm dicken Kalziumsilikatplatten befanden sich jeweils 50 mm x 300 mm große (150 cm<sup>2</sup>) Lüftungsöffnungen.

Dieses 3-geschossige Versuchshaus war so in den Prüfstand des MPA NRW eingebaut, dass die Möglichkeit bestand, den Brandraum mit den Brennern des Prüfstandes gemäß der Einheitstemperaturzeitkurve nach DIN 4102 zu beheizen. Zur Abführung der Rauchgase und zur

Steuerung des Brandraumdruckes bei den Versuchen mit ETK hatte der Brandraum eine zusätzliche Abluftöffnung mit einem Durchmesser von ca. 65 cm in der Außenwand.

In diesen Versuchsaufbau waren zwei Lüftungsleitungen nach DIN 18017 eingebaut. Bei diesen Lüftungsleitungen handelte es sich um auf der Wand verlegte Stahlblech-Wickelfalzrohre DN 100. Bei einem Teil der Versuche waren die Lüftungsleitungen im Bereich des Brandraums mit einer äußeren Bekleidung aus 40 mm dicken Kalziumsilikatplatten versehen. Unterhalb jeder Geschosdecke besaßen diese Lüftungsleitungen jeweils eine Abluftöffnung DN 100, in der ein praxisübliches Tellerventil eingebaut war. Die Lüftungsleitungen waren jeweils an einen Abluftventilator angeschlossen, der so eingestellt wurde, dass an jeder Abluftöffnung eine Abluftleistung von 60 m<sup>3</sup>/h erreicht wurde.

Bei der Mehrzahl der Versuche waren in den Lüftungsleitungen jeweils in der Decke Absperrvorrichtungen unterschiedlicher Bauart eingebaut. Bei den Absperrvorrichtungen handelte es sich je nach Versuchsziel um

- Absperrvorrichtungen, bei denen der Verschluss durch Aufschäumen eines Dämmschichtbildners erreicht wurde (Im Folgenden Bauart 1 genannt.)
- Absperrvorrichtungen mit automatischer Auslösung über Schmelzlot (Im Folgenden Bauart 2 genannt.)

Von Hand verschließbare Absperrvorrichtungen

Angaben zu den jeweils eingesetzten Absperrvorrichtungen sind bei den jeweiligen Versuchsergebnissen gemacht. Die Information über die konkret eingesetzten Typen/ Bauarten befindet sich bei den Akten des MPA NRW.

Nach der Durchführung von 6 Versuchsreihen wurde für die weiteren Untersuchungen ein zweiter Versuchsaufbau errichtet, der in seinen Abmessungen im Wesentlichen dem ersten Aufbau entsprach. Dabei hatte der untere Beobachtungsraum die gleichen Abmessungen wie der Brandraum.

Die Beheizung des Brandraums erfolgte mit Ausnahme der Versuche mit Einheitstemperaturkurve (s.o.) durch Abbrand von folgenden Brandlasten unter praxisgerechten Bedingungen:

- 5 kg Holzkrippe (20 mm x 20 mm, Holz : Luft 1:1)
- 10 kg Holzkrippe (20 mm x 20 mm, Holz : Luft 1:1)
- 20 kg Holzkrippe (20 mm x 20 mm, Holz : Luft 1:1)
- 40 kg Holzkrippe (20 mm x 20 mm, Holz : Luft 1:1)
- 50 kg Holzkrippe (40 mm x 40 mm, Holz : Luft 1:1)
- 5 kg Holzkrippe (20 mm x 20 mm, Holz : Luft 1:1) in Petroleum getränkt
- 2,5 kg Spiritus in offener Wanne
- 2,5 kg Benzin in offener Wanne
- Mischbrandlast aus 10 kg Holzkrippe + 4 kg PS30-Hartschaum
- Mischbrandlast aus 20 kg Holzkrippe + 4 kg PS30-Hartschaum
- Mischbrandlast aus 1,2 kg Holzwolle + 4 kg PS30-Hartschaum
- Mischbrandlast aus 10 kg Holzkrippe + 1 kg Holzwolle + 4 kg PS30-Hartschaum

An den Brandraum des 2. Prüfstandes war ein Rauchgenerator angeschlossen, der eine künstliche Verrauchung des Brandraums ermöglichte und dadurch die Übertragung von Brandgasen aus dem

Brandraum in die Beobachtungsräume sichtbar machte. Die künstliche Verrauchung durch den Rauchgenerator bewirkte eine sehr kurzfristige, intensive Verrauchung des Brandraums (innerhalb von ca. 20 Sekunden Sichtweite < 1,00 m). Der Rauchgenerator wurde jeweils kurz nach Versuchsbeginn eingeschaltet. Wenn durch das Austreten von Rauch an anderen Stellen die Rauchdichte im Brandraum zurückging, wurde der Rauchgenerator nochmals kurzzeitig zugeschaltet (Angaben hierüber befinden sich bei den Versuchsergebnissen).

Folgende Messungen wurden durchgeführt:

- Temperatur im Brandraum (12 Messstellen)
- Temperatur in den Beobachtungsräumen (4 Messstellen)
- Temperatur in der Lüftungsleitung (11 bzw. 15 Messstellen)
- Temperatur auf der Oberfläche der Lüftungsleitung (6 Messstellen)
- Druckverlauf im Brandraum in drei verschiedenen Höhen
- Gaszusammensetzung im Brandraum (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO)
- Gaszusammensetzung im unteren Beobachtungsraum (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO)
- Rauchdichte / Transmission im unteren Beobachtungsraum
- Abbrandrate über Gewichtsverlust der Brandlast

Die Lage der Messstellen ist dem nachfolgenden Messstellenplan zu entnehmen.

## 3 Simulationsrechnungen

### 3.1 Ziel der Berechnungen

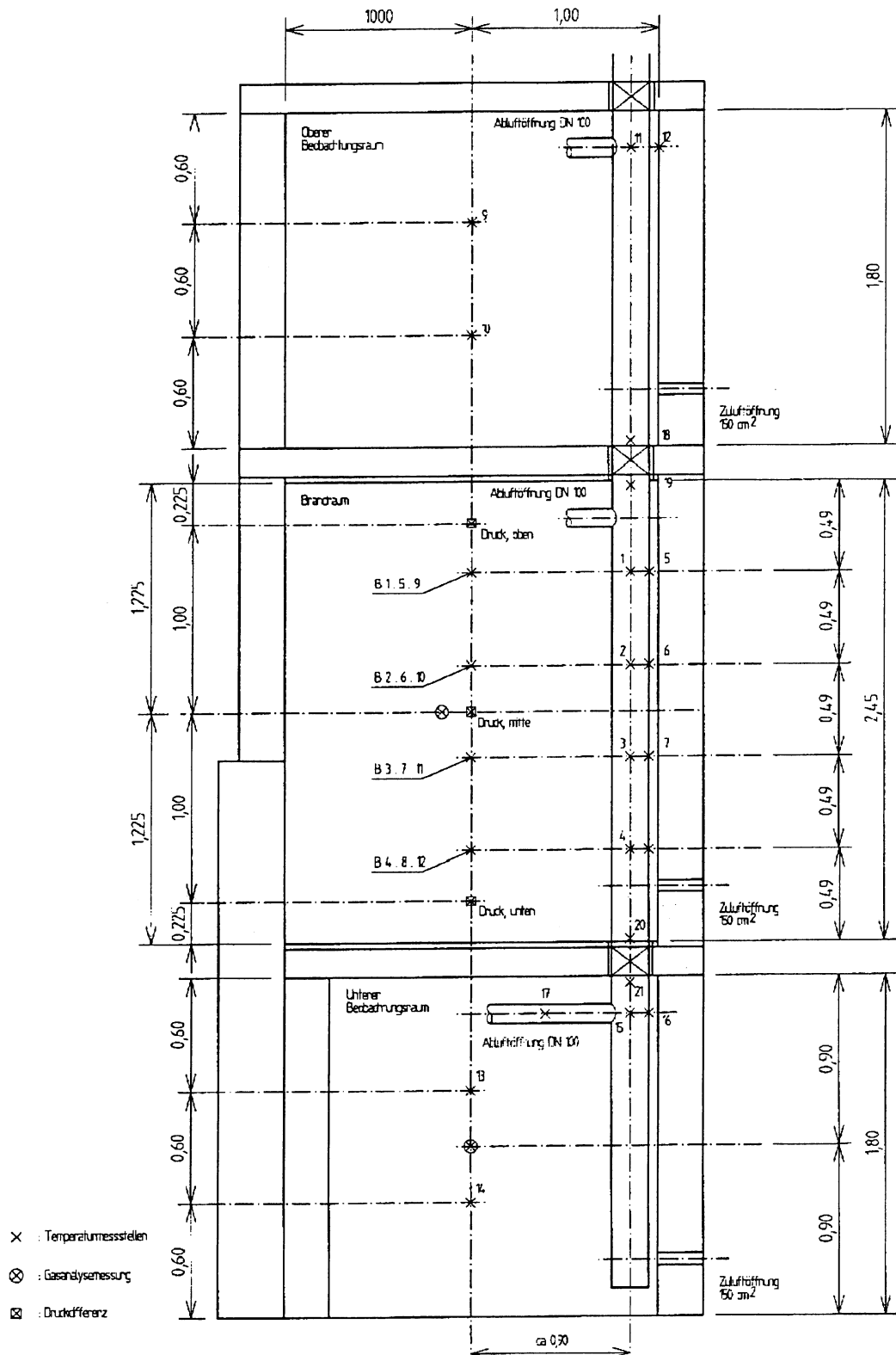
Mit den Berechnungen sollten zunächst folgende Ziele erreicht werden:

- Rechnerische Überprüfung und Plausibilisierung der Versuchsergebnisse
- Nachweis, dass die wesentlichen Phänomene bei den Brandversuchen durch die Simulation zutreffend erfasst werden. (Dabei wird von den gemessenen Werten für die Abbrandrate ausgegangen.)
- Überprüfung ob für die Situation eines innen liegenden Bades (kleiner geschlossener Raum ohne Fensterlüftung) eine Temperaturbelastung entsprechend der Einheitstemperaturzeitkurve (ETK nach DIN 4102-2) mit einer Rauchübertragung möglich ist.
- Identifizierung der Fälle, bei denen ggf. eine größere Rauchübertragung in den unteren Versuchsraum stattfinden kann, als bei den Versuchen festgestellt wurde.

### 3.2 Beschreibung des Programms

Das angewandte Rechenprogramm ist ein Mehrraum-Mehrzonen-Modell, bei dem die Geometrie in einzelne Raumbereiche aufgeteilt wird. Für diese Raumbereiche werden jeweils die Massen- und Energiebilanzen formuliert. Bei der Lösung der Gleichungssysteme werden die das Brandgeschehen beschreibenden Größen (Temperaturen, Drücke und Schichtdicken) solange variiert, bis die Massen- und Energiebilanzen für jede Schicht erfüllt sind. Eine Kurzbeschreibung der wesentlichen Modellannahmen ist in der Anlage 10 enthalten.

Messstellenplan





Nach den Modellannahmen für Zonenmodelle werden für die einzelnen Schichten jeweils homogene Verhältnisse angenommen, d. h. in den Schichten liegt jeweils eine mittlere Schichttemperatur vor. Temperaturunterschiede in den Schichten werden also vernachlässigt.

Im vorliegenden Fall werden die Lüftungsleitungen im Brandraum und in den Beobachtungsräumen durch eigene Raumbereiche modelliert. Dadurch können die Temperaturveränderungen in den Lüftungsleitungen erfasst werden.

#### Wesentliche Ergebnisse der Berechnungen

Die Verifikationsrechnungen in Begleitung zu den Brandversuchen sowie als Ergänzung zu den durchgeführten Brandversuchen haben im Wesentlichen zu den folgenden Erkenntnissen geführt.

Es wurde festgestellt, dass bei den Bränden mit Holzkrippen eine deutliche Abweichung zwischen den Rechenergebnissen und den Versuchsergebnissen besteht, wenn die Abbrandrate wie gemessen für die Berechnungen verwendet wird. Daher wurden Brandversuche mit Holzkrippen im SBI-Versuchsstand durchgeführt. Dabei wurde eine gute Übereinstimmung zwischen den gemessenen Abbrandraten und den gemessenen Brandleistungen bei Spiritus als Brandgut gefunden. Bei Holzkrippen wurde hingegen eine deutliche Abweichung zwischen den aus der Abbrandrate ermittelten Brandleistungen sowie den im Versuch gemessenen Brandleistungen festgestellt.

Die Unterteilung der Lüftungsleitung im Brandraum in mehrere Modellräume sowie die Berücksichtigung der Erwärmung der Lüftungsleitungen aus dem Brandraum haben zu einer Verbesserung der Genauigkeit der Rechenergebnisse geführt. Die Temperaturverläufe im Brandraum und in den Lüftungsleitungen werden in den Berechnungen mit den üblichen Genauigkeiten für Verifikationen erfasst, wenn die Abbrandraten zuverlässig erfasst werden, d. h. wenn sich aus den Abbrandraten die tatsächlichen Brandleistungen ableiten lassen. Im Rahmen der Genauigkeit der Rechenergebnisse konnten die wesentlichen Größen für die Temperaturen, Gaskonzentrationen und Druckdifferenzen zufrieden stellend nachvollzogen werden. Die Berechnungen haben die Erkenntnisse aus früheren Verifikationsarbeiten bestätigt, dass mit dem Rechenprogramm MRFC die wesentlichen Effekte bei einem Brandversuch beschrieben werden, wenn die tatsächliche Brandleistung bekannt ist bzw. zutreffend in die Berechnungen eingegeben wird.

Es werden Massen- und Volumenströme in den unteren Beobachtungsraum berechnet, die realistisch sind. Die berechneten Gaskonzentrationen im unteren Beobachtungsraum werden zu hoch berechnet.

#### Anmerkung

Mit dem Programm können in der vorliegenden Fassung einige Effekte nicht berücksichtigt werden. Es besteht noch Forschungsbedarf zu einigen Fragen, die im Laufe der Bearbeitung festgestellt wurden. Für Aussagen über Temperaturschichtungen innerhalb der Räume ist die Durchführung von Wärmebilanzrechnungen mit der Methode der Feldmodelle (CFD-Codes) erforderlich. In Bezug auf die festgestellten Abbrandraten bzw. Brandleistungen bestehen Unsicherheiten. Wenn diese nicht bekannt sind, können auch mit Rechenprogrammen, die wesentlich aufwändiger sind, keine deutlich besseren Ergebnisse erzielt werden. Für eine Auslegung kann von den gewonnenen Erkenntnissen ausgegangen werden, d. h. bei bekannten Brandszenarien können die Volumenströme im Rahmen einer ausreichenden Genauigkeit bestimmt werden. Dazu müssen die Brandszenarien für eine allgemeine Anwendung der Rechenverfahren festgelegt werden.

Eine Temperaturbelastung der Schotts bzw. der Lüftungsleitungen entsprechend der ETK ist bei geschlossener Tür zum Brandraum nicht möglich, weil auch theoretisch nicht genügend Sauerstoff für

die Verbrennung der für diese Temperaturerhöhung erforderlichen Brennstoffmenge zur Verfügung steht.

Vor dem Schließen der Drosselklappe in der Decke zum oberen Beobachtungsraum findet keine Rauchübertragung in den unteren Beobachtungsraum statt. Bei den Berechnungen treten nach dem Schließen der Drosselklappe Volumenströme in den unteren Beobachtungsraum auf, die zwischen 3 bis 10 m<sup>3</sup>/h liegen.

Der Fall der isolierten Lüftungsleitungen stellt in Bezug auf eine Rauchübertragung in den unteren Raum den ungünstigsten Fall dar.

## 4 Brandversuche

### 4.0 Umfang der Untersuchungen

Im Rahmen dieses Vorhabens wurden insgesamt 9 Versuchsreihen mit insgesamt 58 einzelnen Versuchen durchgeführt. In den nachfolgenden Abschnitten werden für jede der 9 Versuchsreihen die Zielvorgabe, die einzelnen Versuche sowie die dabei gewählten Versuchsrandbedingungen beschrieben. Entsprechend dem Versuchsziel wurde teilweise auf Teile des Standardmessprogramms verzichtet.

Einzelheiten der Versuchsanordnung sowie die Ergebnisse der einzelnen Versuche sind in den Anlagen zu diesem Abschlussbericht dargestellt.

### 4.1 Versuchsreihe 1 - Ermittlung des Schließverhaltens der Absperrvorrichtungen

1.1	Versuchsaufbau M 1:1	50 Minuten	5,0 kg Holzkrippe	2 Leitungen DN 100; Bauart 1 / Bauart 2
1.2	Versuchsaufbau M 1:1	25 Minuten	5,0 kg Holzkrippe	1 Leitung DN 100; Bauart 1; Brandraumtür offen
1.3	Versuchsaufbau M 1:1	30 Minuten	5,0 kg Holzkrippe in Petroleum getränkt	1 Leitung DN 100; Bauart 1
1.4	Versuchsaufbau M 1:1	65 Minuten	50,0 kg Holzkrippe	2 Leitungen DN 100; Bauart 1 / Bauart 2
1.5	Versuchsaufbau M 1:1	20 Minuten	ETK	2 Leitungen DN 100; Bauart 1 / Bauart 2

In dieser Versuchsreihe wurden zunächst Brandversuche mit unterschiedlichen Brandlasten durchgeführt, die das Schließverhalten der Deckenschotts charakterisieren sollten. Die Versuche wurden mit zwei angeschlossenen Lüftungsleitungen durchgeführt, die eine parallele Betrachtung der beiden unterschiedlichen Deckenschotttypen (Bauart 1 / Bauart 2) zuließ. Als Brandlasten wurden Holzkrippen mit einem Gewicht von 5 kg bzw. 50 kg, sowie eine Beheizung gemäß Einheitstemperaturkurve ausgewählt.

In dem ersten Versuch wurden die beiden unterschiedlichen Deckenschotttypen parallel in den beiden Lüftungsleitungen des Versuchsstandes eingebaut und bei dem Einsatz einer 5 kg Holzkrippe als Brandlast auf ihr Schließverhalten untersucht. Die durch die Ventilation und Brandlast bedingte Temperaturerhöhung im Brandraum reichte für ein Schließen des Dämmschichtbildnerschotts in der Brandraumdecke nicht aus. Das über Schmelzlot reagierende Deckenschott in der Decke oberhalb des

Brandraums löste in der 13. Minute aus. In den folgenden beiden Versuchen dieser Versuchsreihe wurde das Schließverhalten des Dämmschichtbildnerschotts untersucht. Durch Erhöhung der Brandlast bzw. Änderung der Ventilationsbedingungen sollte ein erhöhtes Temperaturniveau im Brandraum eingestellt werden. In Versuch 1.2 wurden die Lüftungsbedingungen dadurch verändert, dass die Tür zum Brandraum während des Versuchs geöffnet blieb. In Versuch 1.3 wurde eine in Petroleum getränkte 5 kg Holzkrippe als Brandlast eingesetzt. Beide Versuche führten nicht zu dem gewünschten Ergebnis eines erhöhten Temperaturniveaus im Brandraum. Demzufolge schlossen die Deckenschotts mit Dämmschichtbildner in beiden Versuchen nicht.

Bei den letzten beiden Versuchen dieser Versuchsreihe wurden wieder erhöhte Brandlasten eingesetzt. Bei Versuch 1.4 wurde als Brandlast eine 50 kg Holzkrippe gewählt. Unter dieser Brandlast wurde ein erhöhtes Temperaturniveau erreicht. Dabei lösten die beiden oberen Deckenschotts nahezu zeitgleich aus. Bei dem Dämmschichtbildnerschott zeigte sich jedoch, dass sich lediglich das sogenannte Kronenrohr des Schotts geöffnet hatte, der Dämmschichtbildner war jedoch nicht aufgeschäumt. Die beiden in der Decke zwischen Brandraum und unteren Beobachtungsraum eingebauten Deckenschotts zeigten keine Reaktion.

In Versuch 1.5 wurde der Brandraum des Versuchsstandes mittels der angeschlossenen Ölbrenner gemäß der Einheitstemperaturkurve beflammt. Der Brandraumdruck während des Versuchs wurde so eingestellt, dass sich in der Höhe des Abluftventils im Brandraum eine Druckdifferenz von 20 Pascal gegenüber der Umgebung einstellte. Bei diesem Versuch schlossen die beiden oberen Deckenschotts vollständig. Das untere Deckenschott mit Schmelzlot löste frühzeitig aus; der sich zusätzlich in dem Klappenblatt dieses Schotts befindende Dämmschichtbildner reagierte jedoch nicht. An dem Dämmschichtbildnerschott war das Kronenrohr nur teilweise geöffnet. Der offene Restquerschnitt der Leitung betrug noch ca. 80 %.

## 4.2 Versuchsreihe 2 - Ermittlung von Abbrandraten

2.1	Versuchsaufbau M 1:1	20 Minuten	2,5 kg Benzin	1 Leitung DN 100; ohne Schotts
2.2	Versuchsaufbau M 1:1	35 Minuten	5,0 kg Holzkrippe	1 Leitung DN 100; ohne Schotts
2.3	Einzelversuch	40 Minuten	50,0 kg Holzkrippe	freier Abbrand
2.4	Einzelversuch	20 Minuten	5,0 kg Holzkrippe	freier Abbrand
2.5	Einzelversuch	10 Minuten	1,0 kg Benzin	freier Abbrand

Versuchsreihe 2 befasste sich mit der Feststellung der Abbrandraten verschiedener Brandlasten als Grundlage für die parallel durchzuführenden Simulationsrechnungen. In dieser Versuchsreihe wurden zwei Versuche in dem o.a. Versuchsstand durchgeführt, drei weitere Versuche außerhalb des Versuchsstandes dienen zur Ermittlung von Abbrandraten bei freiem Abbrand. Bei den Versuchen im Versuchsstand war eine Lüftungsleitung ohne Deckenschott eingebaut.

### 4.3 Versuchsreihe 3 - Ermittlung von Abbrand- und Energiefreisetzungsraten

3.1	SBI Versuchsstand	25 Minuten	5,0 kg Holzkrippe
3.2	SBI Versuchsstand	25 Minuten	5,0 kg Holzkrippe
3.3	SBI Versuchsstand	25 Minuten	5,0 kg Holzkrippe
3.4	SBI Versuchsstand	25 Minuten	2,5 kg Spiritus
3.5	SBI Versuchsstand	25 Minuten	2,5 kg Spiritus

Da sich bei den parallel durchgeführten Simulationsrechnungen gezeigt hatte, dass die Berechnung und die Versuche mit Holzkrippen als Brandlast Inkonsistenzen aufwiesen, wurden Versuche zur Ermittlung von Abbrandraten und Energiefreisetzungsraten im Versuchsstand für SBI-Prüfungen durchgeführt. Der hierbei ermittelte Zusammenhang zwischen den über Gewichtsverlust ermittelten Abbrandraten und den gemessenen Energiefreisetzungsraten diente als zusätzliche Grundlage für die Simulationsrechnungen. In den Versuchen 3.1 bis 3.3 wurde jeweils eine 5 kg Holzkrippe als Brandlast gewählt. In den Versuchen 3.4 und 3.5 wurde die Energiefreisetzung von 2,5 kg Spiritus ermittelt. Der Spiritus wurde in einer offenen Stahlwanne mit einem Durchmesser von 380 mm entzündet.

Die Versuche wiesen für die Holzkrippe einen deutlichen Unterschied zwischen der Abbrandleistung aus Gewichtsverlust und der über Sauerstoffverbrauch gemessenen Brandleistung aus. Für Spiritus wurde eine gute Übereinstimmung festgestellt.

### 4.4 Versuchsreihe 4 - Versuche an manuell steuerbaren Drosselklappen

4.1	Kleinbrandversuch	40 Minuten	ETK	Test von Drosselklappen
4.2	Versuchsaufbau M 1:1	45 Minuten	50,0 kg Holzkrippe	1 Leitung DN 100; Drosselklappen

Versuchsreihe 4 diente der Untersuchung von manuell steuerbaren, dicht schließenden Drosselklappen, deren Einsatz als Ersatz für die Absperrvorrichtungen mit Schmelzlotauslösung bzw. Dämmschichtbildnern vorgesehen war. Diese Drosselklappen sollten die bei den Deckenschotts festgestellten Streuungen im Auslöseverhalten ausschalten. In Versuch 4.1 wurden zwei im Aufbau unterschiedliche Drosselklappen in einem Kleinbrandversuch entsprechend der ETK beflammt, um die Rauchdichtheit bei hoher Brandbelastung festzustellen. In einem zweiten Versuch wurde die nach Durchführung des Versuchs 4.1 als zweckmäßige Ausführung ausgewählte Drosselklappe auf ihre Brauchbarkeit für den Versuchsaufbau geprüft. Als Brandlast wurde eine Holzkrippe mit einem Gewicht von 50 kg gewählt.

#### 4.5 Versuchsreihe 5 - Versuche unter „worst-case“-Bedingungen

5.1	Versuchsaufbau M 1:1	30 Minuten	50,0 kg Holzkrippe	1 Leitung DN 100; oben geschlossen, unten offen
5.2	Versuchsaufbau M 1:1	25 Minuten	2,5 kg Spiritus	1 Leitung DN 100; oben geschlossen, unten offen
5.3	Versuchsaufbau M 1:1	15 Minuten	2,5 kg Spiritus	1 Leitung DN 100; oben geschlossen, unten offen
5.4	Versuchsaufbau M 1:1	35 Minuten	5,0 kg Holzkrippe	1 Leitung DN 100; oben geschlossen, unten offen
5.5	Versuchsaufbau M 1:1	35 Minuten	ETK	1 Leitung DN 100; oben geschlossen, unten offen
5.6	Versuchsaufbau M 1:1	30 Minuten	ETK	1 Leitung DN 100; Lüftungsleitung im Brandraum isoliert und bekleidet; oben geschlossen, unten offen
5.7	Versuchsaufbau M 1:1	30 Minuten	ETK	1 Leitung DN 100; oben geschlossen, unten offen
5.8	Versuchsaufbau M 1:1	30 Minuten	ETK	1 Leitung DN 100; Lüftungsleitung im Brandraum isoliert und bekleidet; oben geschlossen, unten offen
5.9	Versuchsaufbau M 1:1	25 Minuten	ETK	1 Leitung DN 100; oben geschlossen, unten offen

Um die ungünstigsten Bedingungen für eine Rauchübertragung („Worst case“) zu ermitteln, wurde in der Versuchsreihe 5 die Frage untersucht, ob bzw. inwieweit mit einer Rauchübertragung zu rechnen ist, wenn in der Lüftungsleitung in der Decke unterhalb des Brandraumes keine Absperrvorrichtung eingebaut ist und die Leitung in der Decke oberhalb des Brandraums verschlossen ist. Diese Bedingungen führen zu einer deutlichen Verschlechterung der Ventilation im Brandraum. Bei den ersten vier Versuchen dieser Versuchsreihe, bei denen Holzkrippen bzw. Spiritus als Brandlast eingesetzt wurden, zeigte sich, dass diese Brandlasten aufgrund dieser Ventilationsbedingungen nicht vollständig abbrannten. In weiteren Versuchen dieser Versuchsreihe wurde die Rauchübertragung unter diesen Bedingungen bei einem gesteuerten Brand gemäß der Einheitstemperaturkurve untersucht.

In weiteren Versuchen wurde der Frage nachgegangen, ob bzw. in welchem Maß eine im Brandraum gut isolierte (Feuerwiderstandsklasse L90) Lüftungsleitung zu einer Rauchübertragung in das untere Geschoss beiträgt. Hierzu wurden zwei Versuche durchgeführt. Die Versuche an bekleideten und unbekleideten Lüftungsleitungen zeigten, dass eine im Brandraum bekleidete Lüftungsleitung für die Rauchübertragung nach unten ungünstiger ist als eine unbekleidete Leitung. Auf Grund dieser Erfahrungen und der Bestätigung durch die Simulationsrechnungen wurden die Versuche der beiden Hauptversuchsreihen (Reihe 8 und 9) mit einer im Brandraum bekleideten Lüftungsleitung durchgeführt.

#### 4.6 Versuchsreihe 6 - Ermittlung Schließverhalten und Rauchübertragung bei Deckenschotts

6.1	Versuchsaufbau M 1:1	15 Minuten	ETK	1 Leitung DN 100; Bauart 2
6.2	Versuchsaufbau M 1:1	60 Minuten	ETK	1 Leitung DN 100; Bauart 1
6.3	Versuchsaufbau M 1:1	30 Minuten	ETK	1 Leitung DN 100; Bauart 2

In dieser Versuchsreihe wurden Versuche unter Einheitstemperaturkurvenbedingungen durchgeführt, bei denen das Schließverhalten von Deckenschotts mit Schmelzlotauslösung und von Deckenschotts mit Dämmschichtbildner untersucht wurde. Dabei wurde jeweils eine Lüftungsleitung mit Deckenschotts einer Bauart untersucht. Der genaue Schließzeitpunkt des unteren Deckenschotts wurde durch ein Endoskop festgestellt. Die Versuche bestätigten die in der Versuchsreihe 1 ermittelten unterschiedlichen Schließverhalten der beiden Deckenschotttypen.

#### 4.7 Versuchsreihe 7 - Erprobung Rauchgenerator

7.1	Versuchsaufbau M 1:1	15 Minuten	600g trockene Holzwolle + 100g angefeuchtete Holzwolle	Tür zum Brandraum geschlossen; Zuluftöffnung in Tür 150 cm <sup>2</sup> ; obere Drosselklappe geschlossen; untere Drosselklappe geöffnet
7.2	Versuchsaufbau M 1:1	5 Minuten	600g Holzwolle	Wdhl. Versuch 1
7.3	Versuchsaufbau M 1:1	1 Minute	-	Tür zum Brandraum geschlossen; Zuluftöffnung in Tür 150 cm <sup>2</sup> ; Lüftungsleitung angeschlossen; Abluftleistung je Geschoss 60 <sup>3</sup> /h
7.4	Versuchsaufbau M 1:1	1 Minute	-	wie Versuch 7.1
7.5	Versuchsaufbau M 1:1	1 Minute	-	Brandraum inkl. Zuluftöffnung und Deckenöffnungen (Leitungsdurchführungen oben und unten) geschlossen

Diese Versuchsreihe diente ausschließlich der Erprobung des an den Prüfstand 2 zusätzlich angeschlossenen externen Rauchgenerators. Durch die Versuche sollte die Effektivität des Rauchgenerators und sein Einfluss auf die Brandsituation erprobt werden. Insbesondere sollte der Einfluss auf die Druckverhältnisse bei verschiedenen Ventilationsbedingungen festgestellt werden. Die Versuche ergaben, dass das Zuschalten des Rauchgenerators bei den für die Versuchsreihen zu Grunde liegenden Ventilationsbedingungen zu keinem signifikanten Anstieg des Brandraumdruckes führt.

## 4.8 Versuchsreihe 8 - Hauptversuchsreihe zur Ermittlung der Rauchübertragung

8.1	Versuchsaufbau M 1:1	30 Minuten	2,5 kg Spiritus	
8.2	Versuchsaufbau M 1:1	30 Minuten	2,5 kg Spiritus	1 Leitung DN 100; Lüftungsleitung im Brandraum bekleidet; obere Drosselklappe wird bei 70°C (3:20 min) vollständig geschlossen, unten offen
8.3	Versuchsaufbau M 1:1	50 Minuten	10,0 kg Holzkrippe	wie 8.2; obere Drosselklappe wird bei 87°C (11:00 min) vollständig geschlossen
8.4	Versuchsaufbau M 1:1	25 Minuten	2,5 kg Spiritus	wie 8.2; obere Drosselklappe wird bei 70°C (5:15 min) vollständig geschlossen
8.5	Versuchsaufbau M 1:1	30 Minuten	10,0 kg Holzkrippe	wie 8.2; jedoch Tür zum Brandraum auf 5cm Spaltöffnung; obere Drosselklappe wird bei 135°C (9:00 min) vollständig geschlossen
8.6	Versuchsaufbau M 1:1	25 Minuten	2,5 kg Spiritus	wie 8.2; obere Drosselklappe wird bei 70°C (3:25 min) nicht vollständig geschlossen
8.7	Versuchsaufbau M 1:1	30 Minuten	10,0 kg Holzkrippe	wie 8.2; obere Drosselklappe wird bei 85°C (8:55 min) nicht vollständig geschlossen
8.8	Versuchsaufbau M 1:1	30 Minuten	10,0 kg Holzkrippe	wie 8.2; obere Drosselklappe wird bei 110°C (7:05 min) nicht vollständig geschlossen
8.9	Versuchsaufbau M 1:1	45 Minuten	10,0 kg Holzkrippe	wie 8.2; obere Drosselklappe wird bei 70°C (8:40 min) nicht vollständig geschlossen
8.10	Versuchsaufbau M 1:1	50 Minuten	10,0 kg Holzkrippe	wie 8.2; obere Drosselklappe wird bei 70°C (8:55 min) nicht vollständig geschlossen; zusätzlich wird Abluft ausgeschaltet
8.11	Versuchsaufbau M 1:1	70 Minuten	10,0 kg Holzkrippe	wie 8.2; obere Drosselklappe wird bei 70°C (8:30 min) nicht vollständig geschlossen; zusätzlich wird Abluft ausgeschaltet
8.12	Versuchsaufbau M 1:1	50 Minuten	20,0 kg Holzkrippe	wie 8.2; obere Drosselklappe wird bei 70°C (4:30 min) nicht vollständig geschlossen; zusätzlich wird Abluft ausgeschaltet
8.13	Versuchsaufbau M 1:1	50 Minuten	5,0 kg Holzkrippe	wie 8.2; obere Drosselklappe wird bei 70°C (7:45 min) vollständig geschlossen; zusätzlich wird Abluft ausgeschaltet
8.14	Versuchsaufbau M 1:1	35 Minuten	20,0 kg Holzkrippe	wie 8.2; obere Drosselklappe wird bei 70°C (4:40 min) vollständig geschlossen; zusätzlich wird Abluft ausgeschaltet

8.15	Versuchsaufbau M 1:1	90 Minuten	40,0 kg Holzkrippe	wie 8.2; obere Drosselklappe wird bei 70°C (8:50 min) vollständig geschlossen; zusätzlich wird Abluft ausgeschaltet
8.16	Versuchsaufbau M 1:1	30 Minuten	10,0 kg Holzkrippe	wie 8.2; obere Drosselklappe wird bei 70°C (8:10 min) vollständig geschlossen; zusätzlich wird Abluft ausgeschaltet
8.17	Versuchsaufbau M 1:1	90 Minuten	20,0 kg Holzkrippe	wie 8.2; obere Drosselklappe wird bei 70°C (9:00 min) vollständig geschlossen; Abluft wird bei 14:00 min ausgeschaltet
8.18	Versuchsaufbau M 1:1	90 Minuten	20,0 kg Holzkrippe	wie 8.2; obere Drosselklappe wird bei 70°C (7:30 min) vollständig geschlossen; zusätzlich wird Abluft ausgeschaltet
8.19	Versuchsaufbau M 1:1	90 Minuten	40,0 kg Holzkrippe	wie 8.2; obere Drosselklappe wird bei 70°C (9:30 min) vollständig geschlossen; zusätzlich wird Abluft ausgeschaltet
8.20	Versuchsaufbau M 1:1	90 Minuten	40,0 kg Holzkrippe	wie 8.2; obere Drosselklappe wird bei 70°C (9:00 min) vollständig geschlossen; zusätzlich wird Abluft ausgeschaltet

Diese Versuchsreihe, deren 20 Versuche alle in dem 2. Versuchsstand durchgeführt wurden, diente zur Ermittlung der Rauchübertragung bei unterschiedlichen Brandlasten. Dabei wurden grundsätzlich von Hand verschließbare Absperrvorrichtungen eingesetzt. Die obere Drosselklappe wurde beim Überschreiten einer Temperatur von 70 °C im Innern der Lüftungsleitung geschlossen (siehe Anlage). Um auch Strömungen in Folge der Leckrate auszuschließen wurde ab dem Versuch 8.10 zusätzlich der Abluftventilator der Lüftungsanlage abgeschaltet.

An der unteren Drosselklappe wurde bei keinem dieser Versuche die „Auslösetemperatur“ von 70 °C erreicht. Diese Drosselklappen blieben daher unverschlossen.

Die Lüftungsleitung war im Brandraum mit Kalziumsilikatplatten entsprechend der Feuerwiderstandsklasse L90 bekleidet. Im unteren Beobachtungsraum hatte die Lüftungsleitung eine 12,5 mm dicke Gipskartonplattenbekleidung

Als Brandlast wurde in vier Versuchen 2,5 kg Spiritus verwendet, in einem Versuch eine 5 kg Holzkrippe, in acht Versuchen 10 kg Holzkrippen, in vier Versuchen 20 kg Holzkrippen und in den restlichen drei Versuchen 40 kg Holzkrippen. Bei Beginn jedes Versuchs wurde der Brandraum mittels des Rauchgenerators vollständig mit Rauch gefüllt.



## 4.9 Versuchsreihe 9 - Polystyrolversuche als Ergänzung zu Versuchsreihe 8

9.1	Versuchsaufbau M 1:1	70 Minuten	20,0 kg Holzkrippe + 4,0 kg PS 30	wie 8.2; obere Drosselklappe wird bei 70°C (11:40 min) geschlossen; bei 40:00 min wird Drosselklappe wieder geöffnet; bei 62:00 min wird Tür zum Brandraum auf Spalt (3cm) geöffnet.
9.2	Versuchsaufbau M 1:1	35 Minuten	10,0 kg Holzkrippe + 4,0 kg PS 30	wie 8.2; obere Drosselklappe wird bei 70°C (7:30 min) geschlossen; bei 32:00 min wird Drosselklappe wieder geöffnet
9.3	Versuchsaufbau M 1:1	10 Minuten	1.200 g Holzwolle + 4,0 kg PS 30	wie 8.2; obere Drosselklappe nicht geschlossen; Auslösetemperatur (70°C) wird nur kurzzeitig überschritten
9.4	Versuchsaufbau M 1:1	60 Minuten	10,0 kg Holzkrippe + 1.000 g Holzwolle + 4,0 kg PS 30	wie 8.2; obere Drosselklappe wird bei 70°C (5:00 min) geschlossen; bei 28:00 min wird Drosselklappe wieder geöffnet; bei 38:00 min wird Tür zum Brandraum auf Spalt (2cm) geöffnet.

Um den Effekt der Übertragung von dichtem schwarzem Rauch zu dokumentieren, wurden in der letzten Versuchsreihe Brandlasten gewählt, die als Bestandteil eine Menge von ca. 4,0 kg Polystyrolhartschaum mit einer Dichte von 30,0 kg/m<sup>3</sup> (PS30) enthielten. Diese Menge wurde entsprechend der Verlegung von Deckensichtplatten aus PS-Hartschaum gewählt. Bei den Versuchen wurde das Polystyrol in unterschiedlichen Anordnungen mit Holzkrippen bzw. Holzwolle als Brandlast eingesetzt. Die Holzkrippen bzw. Holzwolle sollten das Polystyrol zum Schmelzen und die Schmelze zur Entzündung bringen.

- Im ersten Versuch wurden mehrere Platten Polystyrolhartschaum auf einer 20 kg Holzkrippe in einer ca. 1,00 m x 1,00 m großen Stahlwanne angeordnet. Im unteren Beobachtungsraum kam es zu einer geringfügig höheren Rauchdichte als bei den vergleichbaren Versuchen der Versuchsreihe 8.
- In Versuch 9.2 wurde eine 10 kg Holzkrippe auf die in der Stahlwanne verlegten Polystyrolplatten gestellt. Bei dieser Anordnung war keine erhöhte Rauchübertragung festzustellen.
- In Versuch 9.3 wurden die Polystyrolplatten oberhalb von zwei Stahlkörben angeordnet, die jeweils mit 600 g Holzwolle gefüllt waren. Die schnell abbrennende Holzwolle erzeugte kurzzeitig eine hohe Beanspruchung, die das Polystyrol zum Schmelzen brachte. Die Energie reichte jedoch nicht aus, die Schmelze zu entzünden.
- Im letzten Versuch dieser Versuchsreihe wurde eine Kombination von Holzkrippe, Holzwolle und Polystyrol gewählt. Eine 10 kg Holzkrippe war mit zwei Aussparungen versehen, die mit jeweils 500 g Holzwolle gefüllt wurden. Die Polystyrolplatten wurden auf Distanzhölzern oberhalb der Krippe angeordnet. Mit dieser speziellen Anordnung sollte erreicht werden, dass das Polystyrol über die Holzwolle zum Schmelzen gebracht wird. Die länger brennende Holzkrippe sollte für eine ausreichend lange Beanspruchung sorgen, um die Schmelze zu entzünden.

Bei allen Versuchen wurden die Polystyrolhartschaumplatten angeschmolzen, jedoch brannten sie nicht vollständig ab. Der für den Abbrand von PS-Hartschaum typische dichte schwarze Rauch trat nicht auf. Offensichtlich wurde der Abbrand des PS-Hartschaums durch die starke Absenkung des Sauerstoffgehalts im Brandraum stark reduziert. Während der Versuchsdauer war keine erhöhte Rauchübertragung festzustellen.

## 5 Diskussion der Ergebnisse

- Die in Versuchsreihe 1 durchgeführten Versuche zeigten, dass die über Schmelzlot auslösenden Deckenschotts deutlich schneller reagierten als die über Dämmschichtbildner auslösenden Schotts.
- Bei den natürlichen Brandlasten (bis zu 50 kg Holzkrippe) und unter den durch die Raumkonfiguration vorgegebenen Ventilationsbedingungen war das erreichte Temperaturniveau im Brandraum bei keinem der Versuche ausreichend, die unteren Deckenschotts (in der Decke zwischen Brandraum und unterem Beobachtungsraum) auszulösen. Bei den Versuchen unter ETK-Bedingungen und den dabei einzustellenden Drücken wurden die unteren Deckenschotts ausgelöst. Jedoch zeigte sich hierbei, dass die Dämmschichtbildnerschotts nicht vollständig schlossen. Das über Schmelzlot auslösende Schott löste dabei zwar aus (das Klappenblatt fiel zu), der in dem Klappenblatt dieser Absperrvorrichtung befindliche Dämmschichtbildner schäumte jedoch nicht auf.
- In den Versuchsreihen 2 und 3 durch Gewichtsbestimmung ermittelte Abbrandraten zeigten für Spiritus eine gute Übereinstimmung mit der durch Sauerstoffverbrauchsmessung ermittelten Abbrandrate. Bei den Versuchen mit 5 kg Holzkrippen wurden deutliche Abweichungen festgestellt. Diese werden auf unterschiedliche Verbrennungsprozesse zurückgeführt. Während der Hauptbrandphase entweicht die im Holz enthaltene Feuchtigkeit, während zum Ende der Verbrennung hauptsächlich zu Kohlenstoff umgewandelte Produkte des Holzes verbrennen.
- Bei den Versuchen, die unter als „worst case“ eingestuft Bedingungen durchgeführt wurden (der Lüftungsleitungsquerschnitt in der Deckendurchführung nach oben ist geschlossen; der Lüftungsleitungsquerschnitt in der Deckendurchführung nach unten ist während des gesamten Versuchsdauer geöffnet) war bei den natürlichen Brandlasten ein stark reduziertes Abbrandverhalten festzustellen. Bei den Flüssigkeitsbränden (Versuch 5.2 und 5.3 mit jeweils 2.5 kg Spiritus) blieb eine Restmenge von ca. 50 % unverbrannt. Dieser reduzierte Abbrand beruht auf den ungünstigen Ventilationsbedingungen im Brandraum.
- Der vorstehend beschriebene Effekt spielt selbstverständlich bei den Versuchen mit Einheitstemperaturkurve, bei denen das Brennstoff-Luft-Verhältnis künstlich gesteuert wird keine Rolle.
- Die bei den Versuchen mit ETK durchgeführte Gegenüberstellung von bekleideten und nicht bekleideten Ausführungen von Lüftungsleitungen im Brandraum ergab, dass die bekleidete Leitung im Brandraum im Hinblick auf die Rauchübertragung nach unten den deutlich ungünstigeren Fall darstellt.
- Im Rahmen der Versuchsreihe 8 wurden unterschiedliche Bedingungen im Hinblick auf die Brandlasten und Ventilationsbedingungen realisiert. Es zeigte sich, dass die Möglichkeit einer Rauchübertragung nach unten in der vorgegebenen Raumkonfiguration bei den durch die vorliegenden Ventilationsmöglichkeiten bedingten Abbrandraten in starkem Maß davon

abhängt, dass die Abschottung der Leitung nach oben vollständig dicht ist. Bei nur geringen Leckraten wird zumindest bei laufendem Abluftventilator eine nennenswerte Rauchübertragung nach unten verhindert. Bei vollständig geschlossener Leitung und abgeschaltetem Ventilator reichen die im Innern einer im Brandraum gut isolierend bekleideten Leitung entstehenden Druckdifferenzen dazu aus, dass eine Rauchübertragung stattfindet.

- Der Abbrand der eingesetzten Brandlasten (Holz, Holzwohle, Spiritus, Benzin und PS-Hartschaum) wird bei der vorliegenden Raum- und Ventilationskonfiguration durch das verfügbare Sauerstoffangebot gesteuert. Der Sauerstoffgehalt liegt zum Teil bei deutlich unter 15 %. Bei den Versuchen mit Holzwohle ergibt sich aufgrund des raschen Abbrandes der Holzwohle ein besonders hoher Sauerstoffverzehr. In weniger als 5 Minuten sinkt bei diesen Versuchen der Sauerstoff unter 15 %, nach 10 Minuten sinkt der Wert unter 10 %. Nach Schließen der oberen Absperrvorrichtung fand ein „pulsierender“ Abbrand statt (pulsierendes Ausströmen von Rauchgasen aus der Zuluftöffnung in der Tür zum Brandraum).
- Dem ventilationsbegrenzten Abbrand entsprachen die Messwerte (sowie auch die errechneten Werte) des CO-Gehalts im Brandraum. Es wurden Maximalwerte von bis zu 50.000 ppm (5 %) gemessen.

Bei den Versuchen, bei denen eine Rauchübertragung in den unteren Beobachtungsraum festgestellt wurde, erfolgte der Anstieg des CO-Gehaltes parallel zur Abnahme der Sichtweite. Bei diesen Versuchen stieg der Kohlenmonoxydgehalt im unteren Beobachtungsraum auf bis zu 1.600 ppm an. Die maximale Trübung bei einer Messstrecke von 1 m lag bei 70 % (30 % Transmission). Trotz ausreichender Beleuchtung des unteren Beobachtungsraumes war dabei das in 2 m Entfernung vom Beobachtungsfenster entfernt angeordnete Lüftungsventil nicht mehr erkennbar.

Beide Phänomene sind zur Beurteilung der Personengefährdung verwendbar.

- Einfluss des Nutzerverhaltens auf den Energieverbrauch in Niedrigenergie- und Passivhäusern**  
W. Richter, T. Ender, T. Hartmann, A. Kremonke, u.a.  
Hrsg.: TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen, Institut für Thermodynamik und Technische Gebäudeausrüstung, Bereich TGA  
Band 63: 2003, 127 S., zahlr. Abb., Tab., Lit., ISBN 3-8167-6345-6  
€ 35,- [sFr 58,-]
- Baukostensenkung durch Anwendung innovativer Wettbewerbsmodelle**  
Udo Blecken, Lothar Boenert  
Hrsg.: Universität Dortmund, Lehrstuhl Baubetrieb, Fakultät Bauwesen  
Band 62: 2003, 350 S., zahlr. Abb., Tab., Lit., ISBN 3-8167-6338-3  
€ 50,- [sFr 82,-]
- Flachdachsanieerung über durchfeuchteter Dämmschicht**  
Ralf Spilker  
Aachener Institut für Bauschadensforschung und angewandte Bauphysik gGmbH AIBau  
Band 61: 2003, 260 S., zahlr. farbige Abb., ISBN 3-8167-6183-6  
€ 45,- [sFr 74,-]
- Bauqualität – Verfahrensqualität und Produktqualität bei Projekten des Wohnungsbaus**  
Hannes Weeber, Simone Bosch  
Band 60: 2003, 170 S., Abb., Tab., ISBN 3-8167-4259-9  
€ 45,- [sFr 74,-]
- Brandschutzkosten im Wohnungsbau**  
Karl Deters  
Band 59: 2001, 245 S., Abb., Tab., ISBN 3-8167-4258-0  
€ 50,- [sFr 82,-]
- Gemeinschaftliches Wohnen im Alter**  
R. Weeber, G. Wölflle, V. Rösner  
Band 58: 2001, 175 S., Abb., Tab., ISBN 3-8167-4257-2  
€ 46,- [sFr 76,-]
- Entwicklung eines Bewertungssystems für ökonomisches und ökologisches Bauen und gesundes Wohnen**  
C.J. Diederichs, P. Getto, S. Streck  
Band 57: 2002, 230 S., mit CD-ROM, Abb., Tab., ISBN 3-8167-4256-4  
€ 50,- [sFr 82,-]
- Vergabeverfahren und Baukosten**  
Hannes Weeber, Simone Bosch  
Band 56: 2001, 192 S., Abb., Tab., ISBN 3-8167-4255-6  
€ 50,- [sFr 82,-]
- Konzepte für die praxisorientierte Instandhaltungsplanung im Wohnungsbau**  
Ralf Spilker, Rainer Oswald  
Band 55: 2000, 71 S., 5 Abb., zahlr. Tab., ISBN 3-8167-4254-8  
€ 22,- [sFr 37,-]
- Bewährung innen wärmegeämter Fachwerkbauten**  
Reinhard Lamers, Daniel Rosenzweig, Ruth Abel  
Band 54: 2000, 173 S., 123 Abb., ISBN 3-8167-4253-X  
€ 25,- [sFr 41,60]
- Überprüfbarkeit und Nachbesserbarkeit von Bauteilen – untersucht am Beispiel der genutzten Flachdächer**  
Rainer Oswald, Ralf Spilker, Klaus Wilmes  
Band 53: 1999, 133 S., 49 Abb., 4 Tab., ISBN 3-8167-4252-1  
€ 37,- [sFr 61,-]
- Bauschadensfibel für den privaten Bauherrn und Hauskäufer**  
Rainer Oswald, Ruth Abel, Volker Schnapauff  
Band 52: 1999, 140 S., 19 Abb., 3 Tab., fester Einband, ISBN 3-8167-4251-3  
€ 25,- [sFr 41,60]
- Balkone – kostengünstig und funktionsgerecht**  
Hannes Weeber, Margit Lindner  
Band 51: 1999, 146 S., 102 Abb., 26 Tab., ISBN 3-8167-4250-5  
€ 38,- [sFr 62,50]
- Kostenfaktor Erschließungsanlagen**  
Hannes Weeber, Michael Rees  
Band 50: 1999, 226 S., 107 Abb., 15 Tab., ISBN 3-8167-4249-1  
€ 50,- [sFr 82,-]
- Eigenleistung beim Bauen**  
R. Weeber, H. Weeber, S. Kleebaur, u.a.  
Band 49: 1999, 154 S., 25 Abb., 12 Tab., ISBN 3-8167-4248-3  
€ 22,- [sFr 37,-]
- Kosteneinsparung durch Bauzeitverkürzung**  
Barbara Bredenbals, Heinz Hullmann  
Band 48: 1999, 174 S., 38 Abb., 36 Tab., ISBN 3-8167-4247-5  
€ 37,- [sFr 61,-]
- Das wärme- und feuchteschutztechnische Verhalten von stählernen Fassadendurchdringungen**  
Lutz Franke, Gernod Deckelmann  
Band 47: 1998, 74 S., 38 Abb., 13 Tab., ISBN 3-8167-4246-7  
€ 15,- [sFr 25,80]
- Kostengünstige bauliche Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs im Wohnungsbestand**  
R. Oswald, R. Lamers, V. Schnapauff, u.a.  
Band 46: 1998, 100 S., 57 Abb., ISBN 3-8167-4245-9  
€ 17,- [sFr 28,80]
- Sicherung des baulichen Holzschutzes**  
Horst Schulze  
Band 45: 1998, 168 S., 136 Abb., 10 Tab., ISBN 3-8167-4244-0  
€ 22,- [sFr 37,-]
- Luftdichtigkeit von industriell errichteten Wohngebäuden in den neuen Bundesländern**  
Wolfgang Richter, Dirk Reichel  
Band 44: 1998, 88 S., 34 Abb., 15 Tab., ISBN 3-8167-4243-2  
€ 15,- [sFr 25,80]
- Leitfaden Kostendämpfung im Geschoßwohnungsbau**  
Karl Deters, Joachim Arlt  
Band 43: 1998, 162 S., 135 Abb., 34 Tab., ISBN 3-8167-4242-4  
€ 22,- [sFr 37,-]
- Langzeitbewährung und Entwicklungstendenzen von Kunststoff-Bauprodukten im Wohnungsbau**  
Dieter Arlt, Rainer Weltring  
Band 42: 1998, 137 S., 90 Abb., 7 Graph., ISBN 3-8167-4241-6  
€ 20,- [sFr 33,40]
- Gebrauchsanweisung für Häuser**  
Volker Schnapauff, Silke Richter-Engel  
Band 40: 1997, 116 S., 4 Abb., 7 Tab., ISBN 3-8167-4239-4  
€ 19,- [sFr 31,90]
- Ergänzender Neubau in bestehenden Wohnsiedlungen**  
H. Weeber, R. Weeber, M. Lindner, u. a.  
Band 39: 1997, 194 S., 230 Abb., ISBN 3-8167-4238-6  
€ 25,- [sFr 41,60]
- Lüftung in industriell errichteten Wohnhäusern**  
Wilfried Jank  
Band 37: 1997, 66 S., 17 Abb., 12 Tab., ISBN 3-8167-4236-X  
€ 15,- [sFr 25,80]

## Bestellschein

Fax 07 11 / 970 - 25 08 oder -25 07

### Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum  
Raum und Bau IRB  
Postfach 80 04 69, 70504 Stuttgart

Telefon 07 11 / 9 70 - 25 00  
E-Mail: [irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)  
[www.IRBbuch.de](http://www.IRBbuch.de)

Absender .....

.....

E-Mail.....

Straße/PF .....

PLZ/Ort .....

Datum .....

Unterschrift .....

- Auswirkungen der neuen Wärmeschutzverordnung auf den Schallschutz von Gebäuden**  
Siegfried Koch, Werner Scholl  
Band 36: 1997, 72 S., 33 Abb., 2 Tab.,  
ISBN 3-8167-4235-1  
€ 15,- [sFr 25,80]
- Baukostensenkung durch gesicherte Schadensbeurteilung an haufwerksporigen Leichtbetonelementen der industriell errichteten Wohnbauten der ehemaligen DDR**  
Mirko Neumann, Mathias Reuschel  
Band 35: 1997, 320 S., 227 Abb., 105 Tab.,  
ISBN 3-8167-4234-3  
€ 41,- [sFr 68,-]
- Verhinderung von Emissionen aus Baustoffen durch Beschichtungen**  
Lutz Franke, Martin Wesselmann  
Band 34: 1997, 68 S., 11 Abb., 9 Tab.,  
ISBN 3-8167-4233-5  
€ 15,- [sFr 25,80]
- Wirksamkeit von Lüftungsgeräten – Zuluftversorgung von Wohnungen mit dezentralen Lüftungseinrichtungen**  
Wolfgang Richter, Dirk Reichel  
Band 33: 1996, 161 S., Abb., Tab.,  
ISBN 3-8167-4232-7  
€ 22,- [sFr 37,-]
- Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) im Wohnungsbau**  
Institut für Bauforschung e.V., Hannover  
Band 32: 1997, 250 S., 128 Abb., 20 Tab.,  
ISBN 3-8167-4231-9  
€ 30,- [sFr 50,40]
- Niedrigenergiehäuser unter Verwendung des Dämmstoffes Styropor**  
**Teil 1:** Konstruktionsempfehlungen und optimierte Anschlusssituationen (Details)  
W.-H. Pohl, S. Horschler, R. Pohl  
**Teil 2:** Quantitative Darstellung der Wirkung von Wärmebrücken  
Gerd Hauser, Horst Stiegel  
Band 31: 1997, 294 S., 169 Abb.,  
ISBN 3-8167-4230-0  
€ 14,- [sFr 24,30]
- Fenster – Sanierung und Modernisierung**  
Hans-Rudolf Neumann  
Band 30: 1997, 134 S., 90 Abb., 11 Tab.,  
ISBN 3-8167-4229-7  
€ 20,- [sFr 33,40]
- Schäden an nicht industriell hergestellten Wohnbauten der neuen Bundesländer**  
R. Oswald, R. Spilker, V. Schnapauff, u. a.  
Band 29: 1996, 116 S., 66 Abb., 30 Tab.,  
ISBN 3-8167-4228-9  
€ 17,- [sFr 28,80]
- Die Berechnung von Flachdecken über Zustands- und Einflußflächen**  
Max Baerschneider  
Band 26: 1996, 380 S., 196 Tab., zweibändig,  
ISBN 3-8167-4225-4  
€ 49,- [sFr 80,-]
- Feuchttransportvorgänge in Stein und Mauerwerk – Messung und Berechnung**  
M. Krus, H.-M. Künzel, K. Kießl  
Band 25: 1996, 75 S., 31 Abb., 2 Tab.,  
ISBN 3-8167-4224-6  
€ 15,- [sFr 25,80]

- Wohngebäudesanierung und Privatisierung**  
Hannes Weeber, Michael Rees  
Band 24: 1996, 107 S., 51 Abb., 17 Tab.,  
ISBN 3-8167-4223-8  
€ 20,- [sFr 33,40]
- Der Feuchtehaushalt von Holz-Fachwerkwänden**  
Helmut Künzel  
Band 23: 1996, 85 S., 32 Abb., 10 Tab.,  
€ 15,- [sFr 25,80]
- Neue Konstruktionsalternativen für recyclingfähige Wohngebäude**  
Barbara Bredenbals, Wolfgang Willkomm  
Band 22: 1996, 110 S., 26 Abb., 3 Tab.,  
ISBN 3-8167-4221-1  
€ 17,- [sFr 28,80]
- Standsicherheit der Wohnbauten in Fertigteilbauweise in den neuen Bundesländern**  
E. Cziesielski, N. Fouad, F.-U. Vogdt  
Band 21: 1996, 226 S., 71 Abb.,  
ISBN 3-8167-4220-3  
€ 30,- [sFr 50,40]
- Sicherheit von Glasfassaden**  
X. Shen, H. Techen, J. D. Wörner  
Band 20: 1996, 38 S., 26 Abb., 4 Tab.,  
ISBN 3-8167 4219-X  
€ 12,- [sFr 20,70]
- Kostengünstige Umnutzung aufgegebener militärischer Einrichtungen für Wohnzwecke, Wohnergängungseinrichtungen und andere Nutzungen**  
B. Jacobs, J. Kirchoff, J. Mezler  
Band 19: 1996, 204 S., zahlreiche Abb.,  
ISBN 3-8167-4218-1  
€ 28,- [sFr 46,70]
- Gefährdungspotentiale asbesthaltiger Massenbaustoffe in den neuen Bundesländern**  
Klaus Bergner, unter Mitarbeit von Franka Stodollik und Hans-Otto Eckler  
Band 17: 1996, 75 S., 26 Abb., 9 Tab.,  
ISBN 3-8167-4216-5  
€ 15,- [sFr 25,80]
- Transparent gedämmte Altbauten**  
G. H. Bondzio, K. Brandstetter, P. Sulzer, u.a.  
Band 15: 1996, 130 S., 44 Abb., 7 Tab.,  
ISBN 3-8167-4214-9  
€ 22,- [sFr 37,-]
- Kosten und Techniken für das »Überwintern« erhaltenswerter Bausubstanz**  
Michael Rees, Hannes Weeber  
Band 14: 1995, 190 S., zahlreiche Abb.,  
ISBN 3-8167-4213-0  
€ 25,- [sFr 41,60]
- Körperschalldämmung von Sanitärräumen**  
Karl Gösele, Volker Engel  
Band 11: 1995, 76 S., zahlreiche Abb.,  
ISBN 3-8167-4210-6  
€ 15,- [sFr 25,80]

- Bauschäden an Holzbalkendecken in Feuchtraumbereichen**  
Gertraud Hofmeister  
Band 9: 1995, 210 S., zahlreiche Abb.,  
ISBN 3-8167-4208-4  
€ 25,- [sFr 41,60]
- Ökologische Auswirkungen von Hochhäusern**  
Band 8: 1995, 418 S., 114 Abb.,  
ISBN 3-8167-4207-6  
€ 50,- [sFr 82,-]
- Abfallvermeidung in der Bauproduktion**  
Barbara Bredenbals, Wolfgang Willkomm  
Band 6: 1994, 198 S., 75 Abb., 16 Tab.,  
ISBN 3-8167-4205-X  
€ 25,- [sFr 41,60]
- Niveaugleiche Türschwellen bei Feuchträumen und Dachterrassen**  
R. Oswald, A. Klein, K. Wilmes  
Band 3: 1994, 56 S., 48 Abb.,  
ISBN 3-8167-4202-5  
€ 12,- [sFr 20,70]
- Wohnbauten in Fertigteilbauweise in den neuen Bundesländern**  
R. Oswald, V. Schnapauff, R. Lamers, u. a.  
Band 2: 1995, 333 S., 515 Abb.,  
ISBN 3-8167-4201-7  
€ 40,- [sFr 66,70]
- Heizung und Lüftung im Niedrigenergiehaus**  
Gerhard Hausladen, Peter Springl  
Band 1: 1994, 214 S., 74 Abb., 17 Tab.,  
ISBN 3-8167-4200-9  
€ 25,- [sFr 41,60]
- Informieren Sie mich bitte laufend über **Neuerscheinungen**

## Bestellschein

**Fax 07 11 / 970 - 25 08 oder -25 07**

**Fraunhofer IRB Verlag**  
Fraunhofer-Informationszentrum  
Raum und Bau IRB  
Postfach 80 04 69, 70504 Stuttgart

Telefon 07 11 / 970 - 25 00  
E-Mail: [irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)  
[www.IRBbuch.de](http://www.IRBbuch.de)

Absender .....

.....

E-Mail.....

Straße/PF .....

PLZ/Ort .....

Datum .....

Unterschrift .....

Alle Bände (außer Band 52) mit kartoniertem Einband

Herausgegeben von Günter Zimmermann und Ralf Ruhнау

- Gründungsschäden**  
Klaus Hilmer, Manfred Knappe  
Band 34: 2004, ca. 172 S., zahlr. Abb. und Tab.,  
ISBN 3-8167-6347-2  
ca. € 46,- [sFr 76,-]
- Schäden an Balkonen**  
Nils Oster  
Band 33: 2004, 148 S., 79 Abb., 9 Tab.,  
ISBN 3-8167-6313-8  
€ 39,- [sFr 65,20]
- Schäden durch mangelhaften Wärmeschutz**  
Michael Bonk, Frank Anders  
Band 32: 2004, 130 S., 92. Abb., 2 Tab.,  
ISBN 3-8167-6307-3  
€ 39,- [sFr 65,20]
- Die vorsorgliche Beweissicherung im Bauwesen**  
Georg Philipps, Frank Stollhoff, Jürgen Wieck  
Band 31: 2004, 211 S., 29 Grafiken,  
83 Abb., 9 Tab.,  
ISBN 3-8167-6306-5  
€ 49,- [sFr 80,-]
- Schäden an Tragwerken aus Stahl**  
Peter Oehme, Werner Vogt  
Band 30: 2003, 152 S., 148 Abb., 7 Tab.,  
ISBN 3-8167-6133-X  
€ 39,- [sFr 65,20]
- Schäden an Holzfußböden**  
Andreas O. Rapp, Bernhard Sudhoff  
Band 29: 2003, 176 S., 80 Abb., 17 Tab.,  
ISBN 3-8167-6170-4  
€ 46,- [sFr 76,-]
- Schäden an Holztragwerken**  
Georg Dröge, Thomas Dröge  
Band 28: 2003, 169 S., 80. Abb., 2 Tab.,  
ISBN 3-8167-6156-9  
€ 46,- [sFr 76,-]
- Mangelhafter Schallschutz von Gebäuden**  
Herwig Baumgartner, Roland Kurz  
Band 27: 2003, 256 S., 143 Abb., 29 Tab.,  
ISBN 3-8167-5797-9  
€ 58,- [sFr 94,-]
- Schäden an polymeren Beschichtungen**  
Robert Engelfried  
Band 26: 2001, 146 S., 94 Abb., 14 Tab.,  
ISBN 3-8167-5795-2  
€ 40,- [sFr 66,70]
- Schäden an Belägen und Bekleidungen mit Keramik- und Werksteinplatten**  
Günter Zimmermann  
Band 25: 2001, 190 S., 175 Abb., 16 Tab.,  
ISBN 3-8167-5791-X  
€ 48,- [sFr 79,-]
- Schäden an Installationsanlagen**  
Heinz Wirth, Stefan Wirth  
Band 24: 2001, 256 S., 114 Abb., 33 Tab.,  
ISBN 3-8167-5790-1  
€ 57,- [sFr 92,-]
- Schäden an Türen und Toren**  
Ralf Schumacher  
Band 23: 2001, 368 S., 291 Abb., 32 Tab.,  
ISBN 3-8167-4169-X  
€ 71,- [sFr 114,-]
- Schäden an elastischen und textilen Bodenbelägen**  
Hans-Joachim Scheewe  
Band 22: 2001, 132 S., 80 Abb., 50 Tab.,  
ISBN 3-8167-4168-1  
€ 50,- [sFr 82,-]
- Schäden an Glasfassaden und -dächern**  
Peter Küffner, Oliver Lummertzheim  
Band 21: 2000, 132 S., 106 Abb., 6 Tab.,  
ISBN 3-8167-4165-7  
€ 40,- [sFr 66,70]
- Schäden an Wärmedämm-Verbundsystemen**  
Erich Cziesielski, Frank Ulrich Vogdt  
Band 20: 2000, 202 S., 75 Konstruktions-  
skizzen, 28 Tab., 98, teilw. farb. Fotos,  
ISBN 3-8167-4164-9  
€ 50,- [sFr 82,-]
- Schäden an Dränanlagen**  
Wilfried Muth  
Band 17: 2., überarb. und erw. Aufl. 2003,  
128 S., 157 Abb., 13 Tab.,  
ISBN 3-8167-6261-1  
€ 36,- [sFr 59,50]
- Tauwasserschäden**  
Richard Jenisch, Martin Stohrer  
Band 16: 2., überarb. Aufl. 2001, 129 S.,  
66 Abb., 6 Tab.,  
ISBN 3-8167-5792-8  
€ 37,- [sFr 61,-]
- Schäden an Estrichen**  
Klaus G. Aurnhammer  
Band 15: 2., erg. Aufl. 1999, 216 S.,  
44 Abb., 17 Tab.,  
ISBN 3-8167-4162-2  
€ 46,- [sFr 76,-]
- Schäden an Tragwerken aus Stahlbeton**  
Bernhard Brand, Gerhard Glatz  
Band 14: 2., erw. Aufl. 2004, ca. 220 S.,  
129 Abb., 24 Tab.,  
ISBN 3-8167-6422-3  
ca. € 49,- [sFr 80,-]
- Schäden an Außenwänden aus Ziegel- und Kalksandstein-Verblendmauerwerk**  
Helmut Klaas, Erich Schulz  
Band 13: 2., überarb. Aufl. 2002, 224 S.,  
162 Abb., 13 Tab.,  
ISBN 3-8167-6114-3  
€ 49,- [sFr 80,-]
- Schäden an Metallfassaden und -dachdeckungen**  
Franz Lubinski, Fritz Röbber, Uwe Nagel, u.a.  
Band 12: 2., erw. Aufl. 2001, 410 S.,  
303, teilw. farb. Abb., 22 Tab.,  
ISBN 3-8167-4166-5  
€ 76,- [sFr 122,-]
- Schäden an Fassadenputzen**  
Helmut Künzel  
Band 9: 2., erw. Aufl. 2000, 142 S.,  
97 Abb., 3 Tab.,  
ISBN 3-8167-4167-3  
€ 38,- [sFr 62,50]
- Schäden an Abdichtungen in Innenräumen**  
Erich Cziesielski, Michael Bonk  
Band 8: 2., überarb. und erw. Aufl. 2003,  
111 S., 76 Abb., 5 Tab.,  
ISBN 3-8167-6197-6  
€ 35,- [sFr 58,-]
- Risschäden an Mauerwerk**  
Werner Pfefferkorn, Helmut Klaas  
Band 7: 3., überarb. Aufl. 2002, 292 S.,  
290 Abb., 18 Tab.,  
ISBN 3-8167-5793-6  
€ 53,- [sFr 86,-]
- Schäden an Industrieböden**  
Erich Cziesielski, Thomas Schrepfer  
Band 4: 2., erw. Aufl. 1999, 169 S.,  
69 Abb., 33 Tab.,  
ISBN 3-8167-4163-0  
€ 46,- [sFr 76,-]
- Schäden an Flachdächern und Wannen aus wasserundurchlässigem Beton**  
Gottfried C.O. Lohmeyer  
Band 2: 3., neu bearb. Aufl. 2001, 272 S.,  
171 Abb., 28 Tab.,  
ISBN 3-8167-5794-4  
€ 50,- [sFr 82,-]
- Gesamtausgabe Bände 1 – 34**  
2004, alle Bände mit festem Einband und  
Register-CD-ROM,  
ISBN 3-8167-6447-9  
€ 1 368,- [sFr 2 066,-]

**Bestellschein**

Fax 07 11 / 970 - 25 08 oder -25 07

Fraunhofer IRB Verlag  
Fraunhofer-Informationszentrum  
Raum und Bau IRB  
Postfach 80 04 69, 70504 StuttgartTelefon 07 11 / 970 - 25 00  
E-Mail: irb@irb.fraunhofer.de  
www.IRBbuch.deAbsender .....  
.....  
E-Mail.....  
Straße/PF .....  
PLZ/Ort .....  
Datum .....  
Unterschrift .....

# Bauschadensfälle • mit Register-CD-ROM •

ANZEIGE

Herausgegeben von Günter Zimmermann und Ralf Schumacher

Diese Sammlung von Bauschäden hilft, Schäden zu vermeiden.



Von der kunststoffmodifizierten Bitumendickbeschichtung einer Kellerwand bis zu Schäden an einer Dachdeckung mit Titanzinkblechen: Die »Bauschadensfälle« bieten Ihnen wesentliche Erkenntnisse zur Analyse der Ursachen von Schäden und zu deren fachgerechten Sanierung. Die Beispiele zeigen auf, welche Schäden für ein Bauteil typisch sind und wie Sie einen Schaden von Anfang an vermeiden können.

Die beiliegende Register-CD-ROM erschließt den gesamten Inhalt der Fachbuchreihen »Bauschadensfälle«, »Bauschäden-Sammlung« und »Schadenfreies Bauen«. Mit Hilfe eines »elektronischen Bibliothekars« nutzen Sie Ihre Schadensbibliothek zeitsparend und effektiv.

Aus den Inhalten:

- Dächer
- Tragwerke
- Außenwände, Keller und Fenster
- Außenwände, Fenster und Balkone
- Außenwände und Erker
- Innenwände
- Fußböden und Treppen
- Fußböden und Decken
- Estriche und Fußböden
- Entwässerungs- und Lüftungsanlagen
- Wärmeschutz
- Bautenschutz
- Becken und Wannen
- Schwimmbäder
- Heizungsanlagen
- Installationen
- Raumlufttechnische Anlagen
- Behälter und Sperrwerke
- Masten
- Baumängelgutachten nach neuem Baurecht
- Mangelverantwortung und Verjährung nach neuem Baurecht in BGB und VOB/B

Die Reihe »Bauschadensfälle« ist auch im Abonnement beziehbar. Auf Wunsch erhalten Sie automatisch jedes halbe Jahr den neuesten Band zu einem deutlich ermäßigten Preis zugestellt. Sie sparen Zeit und Kosten. Ihre Fachbibliothek bleibt lückenlos und jederzeit auf dem neuesten Stand.

## Bestellschein

**Band 1:**  
2002, 206 Seiten  
ISBN 3-8167-6110-0  
€ 39,- [sFr 65,20]

**Band 2:**  
2002, 205 Seiten  
ISBN 3-8167-6152-6  
€ 39,- [sFr 65,20]

**Band 3:**  
2003, 208 Seiten  
ISBN 3-8167-6215-8  
€ 39,- [sFr 65,20]

**Band 4:**  
2003, 208 Seiten  
ISBN 3-8167-6271-9  
€ 39,- [sFr 65,20]

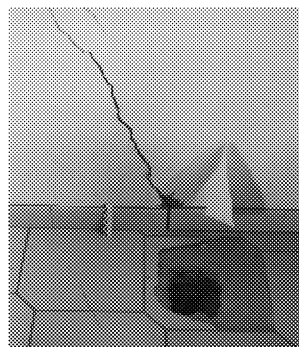
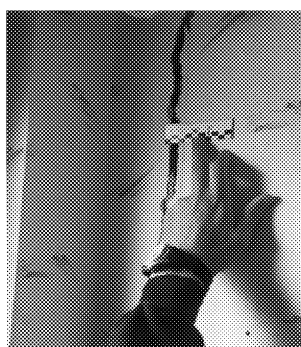
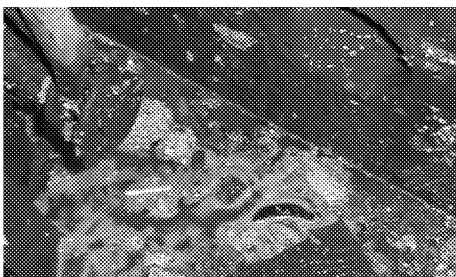
**Band 5:**  
2004, 207 Seiten  
ISBN 3-8167-6366-9  
€ 39,- [sFr 65,20]

**Sie sparen € 19,50 bei Abnahme der**

**Bände 1-5:**  
ISBN 3-8167-6457-6  
€ 175,50 [sFr 265,-]

**Abonnement:**  
€ 35,10 pro Band

Jeder Band mit Register-CD-ROM, zahlr., durchgehend farb. Abbildungen, Tabellen, festem Einband



Fax 07 11 / 970 - 25 08 oder -25 07

**Fraunhofer IRB Verlag**  
Fraunhofer-Informationszentrum  
Raum und Bau IRB  
Postfach 80 04 69, 70504 Stuttgart

Telefon 07 11 / 970 - 25 00  
E-Mail: irb@irb.fraunhofer.de  
www.IRBbuch.de

Absender .....

.....

E-Mail .....

Straße/PF .....

PLZ/Ort .....

Datum .....

Unterschrift .....

1/2004 [BSF\_Gesamt-Anzeige.qxd]

Fraunhofer IRB Verlag