

hhpberlin
Blaue Hefte

Brandschutz bei vorgehängten Fassaden

Meike Kardacki



Ingenieure für Brandschutz

Diplomarbeit

Brandschutz bei vorgehängten hinterlüfteten Fassaden

wissenschaftliche Arbeit
zur Erlangung des akademischen Grades Dipl.-Ing.
Vorgelegt beim
Fachbereich Bauingenieurwesen
der Fachhochschule Potsdam

von
Meike Kardacki



Berlin, 14. August 2013

Erstgutachter: Prof. Dipl.-Phys. Rüdiger Lorenz
Zweitgutachter: Dipl.-Ing. Matthias Thiemann, Architekt, hhpberlin

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Berlin, 14.08.2013

Meike Kardacki, [REDACTED]

.....

Unterschrift

Zusammenfassung

Im § 28 der Musterbauordnung werden vorgehängte hinterlüftete Fassaden als hinterlüftete Außenwandbekleidungen aufgeführt. Pauschal werden in Absatz 4 für Außenwandkonstruktionen mit geschossübergreifenden Hohlräumen besondere Vorkehrungen gegen eine Brandausbreitung gefordert. Diese Vorkehrungen werden in der Muster-Liste der Technischen Baubestimmungen konkretisiert. Diese Anforderungen sind zu allgemein und entsprechen nicht den von vorgehängten hinterlüfteten Fassaden tatsächlich ausgehenden Gefahren. Somit werden die Wirtschaftlichkeit sowie die bauphysikalischen Eigenschaften stark eingeschränkt.

Ausgehend von dieser Problematik hat die *Eternit AG* im Vorfeld dieser Arbeit Brandversuche an zwei ihrer Fassaden durchführen lassen. Resultierend aus diesen Versuchen ergaben sich weitere Möglichkeiten, welche die Brandausbreitung an hinterlüfteten Vorhangfassaden wirksam einschränken, welche nicht in der Muster-Liste der Technischen Fassaden betrachtet werden. Auch der für die Prüfung vorgesehene Versuchsstand der Brandausbreitung an Fassaden entspricht einem ungebräuchlichen Sonderfall und hat wenig mit der praxisnahen Ausbildung von Lochfassaden gemeinsam.

Für die zukünftige Bewertung von vorgehängten hinterlüfteten Fassaden werden Vorschläge für einen praxisnäheren Prüfstand sowie für konstruktive Verbesserungen und Erweiterungen der momentan gültigen Anforderungen gemacht. So soll die Wirtschaftlichkeit des Systems aber auch die bauphysikalischen und brandschutztechnischen Anforderungen kombiniert werden.

Abstract

In § 28 of the German Model Building Code (Musterbauordnung), ventilated rainscreen facades are listed under ventilated exterior wall claddings. According to Clause § 28 (4), exterior wall constructions with floor cross cavities require special precautions against fire spread. The requirements are found in the Model List of Technical Building Regulations (Muster-Liste der Technischen Baubestimmungen). However, these general requirements do not meet the actual associated risks of ventilated rainscreen facades. Thus, the cost efficiency and the range of physical properties of these constructions are limited.

The *Eternit AG* has carried out fire tests in order to study the functionality of two different facade systems. These experiments have provided additional techniques to effectively limit fire spread within the ventilated rainscreen claddings, which are not considered in the Model List of Technical Building Regulations. Furthermore, the prescribed test construction for ventilated rainscreen claddings was found to have little in common with the practical construction of perforated facades.

In this thesis, proposals for a more realistic test setup, possible structural improvements and the extension of the current valid requirements for the future evaluation of ventilated rainscreen facades are considered and evaluated in order to optimize the systems in terms of costs, physical building characteristics and fire safety requirements.

Danksagung

Ich möchte mich herzlich bei der Firma *hhpberlin – Ingenieure für Brandschutz GmbH* für die Unterstützung und dem mir entgegengebrachten Vertrauen bedanken. Ein besonderer Dank gilt hier Matthias Thiemann, der mir mit viel Engagement meine Diplomarbeit betreut hat.

Auch bei Herrn Prof. Lorenz seitens der Fachhochschule möchte ich mich für die direkte und unkomplizierte Betreuung bedanken.

Für die Bereitstellung der Prüfberichte und die Beantwortung meiner Fragen möchte ich mich bei Herrn Stark von der Eternit AG bedanken.

Auch den hier namentlich noch nicht genannten Personen, die maßgeblich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben und mich im richtigen Moment unterstützt und ermuntert haben, gilt ebenfalls der Dank.

Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung	II
Sperrklausel	III
Zusammenfassung.....	IV
Abstract	V
Danksagung	VI
Inhaltsverzeichnis.....	VII
Tabellenverzeichnis.....	IX
Abbildungsverzeichnis.....	X
Abkürzungsverzeichnis	XI
Verzeichnis der verwendeten Vorschriften und Normen	XII
1. Einleitung	13
2. Unterstützende Firmen	15
2.1. hhpberlin – Ingenieure für Brandschutz.....	15
2.2. Eternit AG.....	16
3. Grundlagen	17
3.1. Allgemeines zu vorgehängten hinterlüfteten Fassaden (VHF)	17
3.2. Bauordnung.....	19
3.2.1. Gebäudeklassen.....	20
3.2.2. Klassifizierung des Brandverhaltens	22
3.2.3. Schutzziele nach Musterbauordnung.....	27
3.3. Struktur des Brandschutzes	28
3.4. Brandgeschehen	29
3.4.1. Voraussetzung für ein Brandgeschehen.....	30
3.4.2. Die Entwicklung eines Brandes	32
3.4.3. Brandverlauf am Beispiel eines Büro- bzw. Wohnraumes ..	33
4. Funktion einer vorgehängten hinterlüfteten Fassade	35
4.1. Ebenen der VHF.....	35
4.2. Aufbau einer VHF.....	36
4.3. VHF aus bauphysikalischer Sicht	39
5. Brandschutztechnische Betrachtung von vorgehängten hinterlüfteten Fassaden	42
5.1. VHF aus Sicht des vorbeugenden Brandschutzes	42
5.2. Schutzziele für VHF.....	43

5.3.	Vertikale Brandübertragung bei Gebäuden mit VHF	45
5.4.	Kamineffekt	46
6.	Richtlinien und Vorgaben in Zusammenhang mit vorgehängten hinterlüfteten Fassaden	47
6.1.	Musterbauordnung (MBO).....	47
6.2.	DIN 18516-1 Außenwandbekleidungen, hinterlüftet – Teil 1: Anforderungen, Prüfgrundsätze	48
6.3.	Ausführungsvorschriften – Liste der Technischen Baubestimmungen (AV LTB).....	49
6.3.1.	Brandsperrern in der AV LTB.....	50
7.	Kritische Betrachtung der geltenden Anforderungen	52
7.1.	Brandsperrern.....	53
7.2.	Umlaufender Verschluss im Bereich der Leibungen.....	54
8.	Brandversuche.....	57
8.1.	Aufbau nach Normentwurf der DIN 4102-20	57
8.2.	Durchgeführter Versuch nach Normvorschlag DIN 4102-20	62
8.2.1.	Aufbau des Versuchsstandes	63
8.2.2.	Versuchsdurchführung.....	64
8.2.3.	Brand- und Temperaturentwicklung	66
8.2.4.	Ergebnisse aus dem Brandversuch	68
8.3.	Weiterer Versuch in Anlehnung an DIN 4102-20.....	68
8.3.1.	Aufbau des Versuchsstandes	69
8.3.2.	Versuchsdurchführung.....	71
8.3.3.	Brand- und Temperaturentwicklung	73
8.3.4.	Ergebnisse aus dem Brandversuch	76
8.4.	Vergleich der Versuche	78
9.	Vorschläge der Verbesserung.....	80
9.1.	Praxisgerechter Versuchsaufbau	80
9.2.	Konstruktive Veränderungen	82
10.	Fazit/Ausblick.....	86
	Literaturverzeichnis	88
	Anhang.....	91

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Definition der Gebäudeklassen nach MBO	21
Tabelle 2	Baustoffklassen und Benennung nach DIN 4102-1	23
Tabelle 3	Zuordnung der bauaufsichtlichen Benennungen von Baustoffen nach europäischer und nationaler Klassifizierung	25
Tabelle 4	Erläuterung der Kurzbezeichnungen	26
Tabelle 5	Grundlagen zur Brandentstehung	31
Tabelle 6	Aufzeichnung zur Versuchsdurchführung	65
Tabelle 7	Aufzeichnung zur Versuchsdurchführung	72

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Graphische Darstellung der Gebäudeklassen 1-5 nach MBO	22
Abbildung 2	Schutzziele von Brandschutzmaßnahmen.....	28
Abbildung 3	Brandschutzstruktur.....	29
Abbildung 4	Vorbedingungen für eine Verbrennung.....	31
Abbildung 5	Brandgeschehen in Phasen.....	32
Abbildung 6	Systemaufbau der VHF nach DIN 18516-1	35
Abbildung 7	Aufbau und Funktion der VHF mit Holz-UK	37
Abbildung 8	Aufbau und Funktion der VHF mit Aluminium-UK.....	38
Abbildung 9	Fassadenbekleidung mit und ohne Hinterlüftung und der Abtransport von Wasserdampf	40
Abbildung 10	Brandereignis in der Treskowstraße, Berlin.....	43
Abbildung 11	Ausschnitt aus „Brandversuche Lehrte“ mit Darstellung der vor der Außenwand gemessenen Temperaturen	44
Abbildung 12	Öffnung, mit geometrisch beanspruchten Leibungsbereich	55
Abbildung 13	Ausbildung der Brandsperren 1 – 4	56
Abbildung 14	Aufbau des Prüfstandes nach Normvorschlag DIN 4102-20	59
Abbildung 15:	Abmessung des Prüfstandes.....	60
Abbildung 16	Detail Bekleidung Sturz (1) und Leibung (2).....	64
Abbildung 17	Nummerierung der Messstellen nach Feldern	66
Abbildung 18	Details der Aufbauten von Sturz, Leibung, Brüstung	70
Abbildung 19	Aufbau Versuchsstand mit der Benennung der einzelnen Felder	71
Abbildung 20	Wandansicht mit Nummerierung der Messfühler.....	73
Abbildung 21	Schädigung der Tafeloberfläche von Feld E2.....	76
Abbildung 22	Darstellung Lochfassade mit Prüfstand und angelehnten Prüfstand.....	81
Abbildung 23	Ausbildung Stoßkante Sturz	84

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
Abs.	Absatz
AG	Aktiengesellschaft
AGBF	Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren in der Bundesrepublik Deutschland
AV LTB	Ausführungsvorschriften - Liste der Technischen Baubestimmungen
Bsp.	Beispiel
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
cm ² /lfdm	Quadratcentimeter pro laufendem Meter
°C	Grad Celsius
DIBt	Deutsches Institut für Bautechnik
etc.	et cetera (Bedeutung und so weiter)
ggf.	gegebenenfalls
K	Kelvin
kg/m ³	Kilogramm pro Kubikmeter
LBO	Landesbauordnung
m	Meter
mm	Millimeter
MBO	Musterbauordnung
M-LTB	Musterliste der Technischen Baubestimmungen
MPA	Materialprüfanstalt
o.a.	oben angeführt
Pkt.	Punkt
S.	Seite
Sek.	Sekunde
VHF	vorgehängte hinterlüftete Fassade
z. B.	zum Beispiel

Verzeichnis der verwendeten Vorschriften und Normen

Kurzbezeichnung	Titel	Fassung
AV LTB	Ausführungsvorschriften – Liste der Technischen Baubestimmungen	Mai 2012
DIN 4102	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen	Mai 1998
DIN 4102-1	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 1: Baustoffe	Mai 1998
DIN 4102-20 (Normvorschlag)	Brandverhalten von Baustoffen Teil 20: Besonderer Nachweis für das Brandverhalten von Außenwandbekleidungen	August 2011
DIN 14011	Begriffe aus dem Feuerwesen	Juli 1999
DIN 18516-1	Außenwandbekleidungen, hinterlüftet – Teil 1: Anforderungen, Prüfgrundsätze	Juni 2010
DIN EN 13501-1	Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten – Teil 1: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten	Mai 2007
MBO	Musterbauordnung	November 2002 zuletzt geändert Oktober 2008
M-LTB	Muster-Liste der Technischen Baubestimmungen	September 2012

1. Einleitung

Seit der Mensch das Feuer nutzt, sind zu den wenigen natürlichen Formen der Brandentstehung wie Blitzschlag oder Selbstentzündung viele aus dieser Nutzung resultierende Brandgefahren hinzugekommen. Auch wenn über Jahrtausende hohe Sicherheitsstandards entwickelt wurden, ist ebenso die Erkenntnis gereift, dass ein Schadenfeuer nie völlig ausgeschlossen werden kann.

Im modernen Baugeschehen sind deshalb umfangreiche Regelwerke entwickelt worden, um die Gefahren der Brandentstehung zu minimieren, die Sicherheit der Nutzer baulicher Anlagen zu gewährleisten, die Schadenshöhe einzuschränken und erfolgreiche Löschmaßnahmen zu ermöglichen.

Mit den vorgehängten hinterlüfteten Fassaden lassen sich Gebäude nicht nur optisch vielfältig gestalten, ihnen wird zudem eine lange Lebensdauer zugesprochen und sie bieten auch aus bauphysikalischer Sicht entscheidende Vorteile. Doch was passiert, wenn in einem Gebäude mit einer vorgehängten hinterlüfteten Fassade ein Brand ausbricht?

Brände in Gebäuden mit vorgehängter hinterlüfteter Fassade können ein gewisses Risiko beinhalten. Über den Hinterlüftungsspalt und die damit verbundene vertikale Luftströmung könnte es zu einer rascheren Brandausbreitung im Bereich der Außenwand kommen, als über ein Fassadensystem ohne Hinterlüftungsspalt. Somit würde sich ein Brand eventuell schnell über mehrere Etagen ausbreiten können, was wiederum bedeuten würde, dass die oben genannten Schutzziele in Frage gestellt wären. Demnach ist es wichtig, erforderliche Vorkehrungen zu benennen, die eine solche rasche Brandausbreitung verhindern, bzw. verlangsamen und einschränken.

Im § 28 der Musterbauordnung (MBO)¹, werden die vorgehängten hinterlüfteten Fassaden als hinterlüftete Außenwandbekleidungen aufgeführt. Gemäß Absatz 4 des § 28 (MBO) sind bei Außenwandbekleidungen mit geschossübergreifenden Hohlräumen, wie hinterlüfteten Außenwandbekleidungen und Doppelfassaden, besondere Vorkehrungen gegen die Brandausbreitung zu treffen.

¹ Die MBO wird im folgenden Kapitel 3.2 näher erläutert.

Auf diesen Paragraphen bauen weitere Regelungen für hinterlüftete Vorhangfassaden auf, die unter anderem in der folgenden Diplomarbeit betrachtet werden.

Wegen der bereits o.a. besonders guten bauphysikalischen Eigenschaften vorgehängter hinterlüfteter Fassaden haben diese in den letzten Jahrzehnten eine breite Anwendung gefunden. Auch aktuell sind ihre möglichen Einsatzfelder, neben dem Neubau, insbesondere bei der energetischen Sanierung bestehender Gebäude vielfältig. Die momentan sehr allgemein und wenig differenziert geforderten Brandschutzmaßnahmen für solche Außenwandbekleidungen (näheres hierzu in Kapitel 6) haben jedoch dazu geführt, dass eine Verunsicherung bei der Planung und Anwendung solcher Systeme zu verzeichnen ist. Dies hat konkret zwei Folgen:

- Vorgehängte hinterlüftete Fassaden werden insgesamt teurer und somit weniger verwendet und
- die bereits oben erwähnten sehr allgemeinen und wenig differenzierten Brandschutzmaßnahmen stellen die bauphysikalische Funktionsfähigkeit so in Frage, dass Überlegungen und Vorkehrungen zum Brandschutz vernachlässigt werden.

Im Rahmen dieser Arbeit sollen daher die tatsächlichen Risiken, die bestehenden rechtlichen Regelungen der zurzeit gültigen Gesetzgebung und deren Effizienz in Bezug auf eine Brandentwicklung in einem Brandraum und eine daraus resultierende Beflammung der vorgehängten hinterlüfteten Fassade dargestellt, analysiert und kritisch betrachtet werden.

Weiterhin werden die von der *Eternit AG* durchgeführten Brandversuche ausgewertet und bewertet. Hierbei soll insbesondere auch der Aufbau und die Durchführung der Versuche auf Basis des Entwurfes der DIN 4102-Teil 20 näher erläutert werden.

Im Schlussteil der Arbeit soll ein Fazit über die momentan geltenden Anforderungen an vorgehängte hinterlüftete Fassaden gezogen werden. Es ist über Möglichkeiten eines praxisnäheren Versuchsaufbaus nachzudenken, eine zukünftige Bewertung von hinterlüfteten Vorhangfassaden vorzuschlagen sowie die Verwendung von weiteren Werkstoffen und die daraus resultierende Vorteile für die Hersteller und Anwender aufzuzeigen.

2. Unterstützende Firmen

Wie in der Einleitung bereits erwähnt, ist auch bei dem Thema vorgehängte hinterlüftete Fassaden der Brandschutz ein wichtiger Faktor. Ebenso ist großer Wert auf die konstruktiven Anforderungen an die verwendeten Werkstoffe und die richtige Ausführung vor Ort zulegen, um die positiven bauphysikalischen Eigenschaften zu erreichen. Für die fachliche Unterstützung in diesen Punkten, bestand während der Erstellung dieser Arbeit enger Kontakt zum Brandschutzbüro *hhpberlin – Ingenieure für Brandschutz GmbH* und zu der Firma *Eternit AG*.

2.1. hhpberlin – Ingenieure für Brandschutz

Die *hhpberlin – Ingenieure für Brandschutz GmbH* ist ein Berliner Brandschutzbüro mit mittlerweile ca. 120 Mitarbeitern. Der Hauptsitz von *hhpberlin* ist in Berlin – Friedrichshain, weitere Niederlassungen befinden sich in Hamburg, Braunschweig, Frankfurt am Main, München und Bremen. Die *hhpberlin* hat sich etabliert und ist mittlerweile das größte Ingenieurbüro für Brandschutz in Deutschland.

Der Schwerpunkt des Unternehmens liegt auf der Erstellung von ganzheitlichen Brandschutzkonzepten, in denen Aussagen zum baulichen, anlagentechnischen, organisatorischen und abwehrenden Brandschutz getroffen werden.

Durch die Einbeziehung aller am Bau beteiligten Gewerke und den Beginn der Brandschutzplanung in der frühen Planungsphase, wird eine sichere und effiziente Planung ermöglicht und unnötige Umplanungskosten vermieden. Es wird unternehmensweit in unterschiedlichen Teams mit den Schwerpunkten Brandschutzkonzepte, Ingenieurmethoden, Baubegleitung, Brandschutzdokumente und Qualitätsmanagement gearbeitet.

Die *hhpberlin* war unter anderem an Projekten wie der *Allianz Arena* in München, der *O2 World* in Berlin und Hamburg beteiligt, ist an vielen Hotels, Verkaufsstätten, Bahnhöfen sowie Flughäfen, Krankenhäusern oder Pflegeheimen integriert.

2.2. Eternit AG

Die *Eternit AG* ist ein deutsches Unternehmen mit der Hauptverwaltung in Heidelberg. Ihr Schwerpunkt liegt auf der Herstellung von energieeffizienten Gebäudehüllen (Fassaden und Dächer). Momentan beschäftigt das Unternehmen ca. 900 Personen in verschiedenen Bereichen. Weitere Niederlassungen befinden sich in Neuburg, Beckum und Berlin. Die *Eternit AG* gehört zur *Etex Group*, eine Gruppe weltweit tätiger Industrieunternehmen, welche Hersteller und Händler von Baustoffen sind. Die *Etex Group* bietet verschiedene Werkstoffe, Produkte und Systemlösungen mit verschiedensten Eigenschaften für energieeffiziente Gebäudehüllen an.

Die *Eternit AG* ist unter anderem Hersteller von Faserzementtafeln für vorgehängte hinterlüftete Fassaden. Aufgrund der momentan geltenden Anforderungen² für die Verwendung von vorgehängten hinterlüfteten Fassaden, in Zusammenhang mit dem Brandschutz, hat *Eternit* aus eigenem Interesse Brandversuche an ihren Fassadensystemen durchführen lassen und die daraus resultierenden Prüfberichte für diese Diplomarbeit zur Auswertung zur Verfügung gestellt.

Eternit Fassadentafeln finden ihre Verwendung aufgrund ihrer optischen Vielseitigkeit gerade an großen Gebäudekomplexen wie Messe-, Büro- oder Mehrfamilienhäusern aber auch für Einfamilienhäuser, Schulen und Museen.

(Eternit Aktiengesellschaft 2013)

² Diese werden in den folgenden Kapiteln noch näher erläutert.

3. Grundlagen

Um einen Einblick in das eigentliche Thema zu erhalten und für das nötige Verständnis in den darauf folgenden Kapiteln, werden in diesem Abschnitt die nötigen Grundlagen für den Brandschutz, aber auch für die vorgehängten hinterlüfteten Fassaden beschrieben.

3.1. Allgemeines zu vorgehängten hinterlüfteten Fassaden (VHF)

Vorgehängte hinterlüftete Fassaden sind Gebäudebekleidungen, die vor der tragenden Außenwandkonstruktion angebracht werden und zwischen diesen Bauteilen einen (in bestimmten Fällen) geschossübergreifenden Hohlraum bilden. Dieser wird jedoch in der Regel von den Fenstern, Türen und Balkonen durchbrochen.

Vorgehängte hinterlüftete Fassaden sollen vor allem die wärme- und schallschutztechnischen Eigenschaften von Gebäuden verbessern sowie vor Niederschlag und Sonneneinstrahlung schützen. Sie geben dem Architekten Gestaltungsspielraum und sind in der Regel wartungsärmer und langlebiger als andere Außenwandbekleidungen.

Aus bauphysikalischer Sicht bewirken die Systeme der vorgehängten hinterlüfteten Fassade einen Dampfdiffusionswiderstand³, der von innen nach außen wirkt und auf diesem Weg den erforderlichen Feuchtigkeitsabtransport von der Raumseite her sicherstellt und dabei gleichzeitig den erforderlichen Feuchteschutz von der Wetterseite her gewährleistet.

(Fachverband Baustoffe und Bauteile für vorgehängte hinterlüftete Fassaden e.V. kein Datum)

Im Gegensatz zum hinterlüfteten Sichtmauerwerk sind vorgehängte hinterlüftete Fassaden die „leichte“ Alternative. Sie müssen nicht auf Fundamenten errichtet

³ Der Dampfdiffusionswiderstand ist der Widerstand, der von einem Material gegen das Eindringen von Wasserdampf wirkt.

werden, sondern können einfach über eine Unterkonstruktion angebracht werden. Außerdem ist nachweislich eine höhere Strömung bei vorgehängten hinterlüfteten Fassaden vorhanden, da diese mehrere Öffnungen zur Hinterlüftung besitzen und nicht nur am Kopf- und Fußpunkt wie die hinterlüftete Vormauerschale. Im Gegensatz zu Wärmedämm-Verbundsystemen, die direkt auf die Außenwand angebracht werden und nicht hinterlüftet sind, können mit vorgehängten hinterlüfteten Fassaden Risse und Versprünge in der Außenwand einfach kaschiert werden. Ein schnelleres Trocknen der ggf. feuchten Außenwand ist bei vorgehängten hinterlüfteten Fassaden einfacher realisierbar als bei nicht hinterlüfteten Fassadensystemen.

(hagebau Handelsgesellschaft für Baustoffe mbH & Co. KG 2011, S. 5)

(Künzel 2009, S. 225)

Vorgehängte hinterlüftete Fassaden gehören zu den nachhaltig wirtschaftlichen Fassadensystemen, werden wegen ihrer funktionalen Sicherheit sehr geschätzt und sind in Europa seit mehreren Jahrzehnten etabliert (GIP GmbH 2013). Sowohl im Neubau als auch bei der Sanierung ist die VHF in Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit, die Wärmedämmeigenschaften und auch die Wartungszeit ein System, welches immer mehr an Bedeutung gewinnt und seinen Einsatz in den verschiedensten Bereichen findet. Sie weisen aus architektonischer Sicht viele gestalterische Möglichkeiten auf und durch die Einsetzbarkeit unterschiedlicher Dämmstoffdicken können gute Energieeinsparungsstandards erreicht werden. VHF sind auf die Dauer betrachtet witterungs-, aber auch alterungsbeständig. Dies macht sie zu einem System, welches mittlerweile einen hohen Stellenwert in der Ausführung von Fassadenbekleidungen hat und beibehalten wird.

(Eternit Aktiengesellschaft 2011, S. 4)

Auf Grund der möglichen Verarbeitung von unterschiedlichen Dämmstoffen und Dämmdicken ist eine optimale Wärmedämmung für das jeweilige Gebäude möglich, wodurch wiederum optimierte Energiekostenersparnisse erwartet werden können. Durch die konstruktive Trennung der Witterungs- und Wärmeschicht wird die Dämmung optimal von der Bekleidung geschützt und durch die Zirkulation im Hinterlüftungsspalt kann aus dem Innenraum austretende Feuchte optimal abgeleitet werden. Auch in die Hinterlüftungsebene eintretende Feuchtigkeit (z. B. Schlagregen) wird schnell wieder abtransportiert, so entsteht im Inneren

ein gesundes Wohnklima. Hinsichtlich ihrer langen Lebensdauer sind VHF ein umweltfreundliches, nachhaltiges Fassadensystem, welches auch durch das einfache Recycling der einzelnen Schichten zur Schonung von Ressourcen beiträgt.

3.2. Bauordnung

Zur Herstellung und Bewertung von vorgehängten hinterlüfteten Fassaden gibt es in der Bauordnung Anforderungen, die bei der Errichtung von Fassaden eingehalten werden müssen.

Mit dem Bauordnungsrecht sollen die von Gebäuden ausgehenden Gefahren für Menschen, für die angrenzenden Gebäude sowie die darin befindlichen Personen abgewandt bzw. vermindert werden. Diese Anforderungen sind von öffentlich-rechtlichem Interesse. Da das Bauordnungsrecht ein Teil des Polizeirechts ist, ist es Aufgabe der Bundesländer, ihre eigene Landesbauordnung (LBO) in Anlehnung an die Musterbauordnung (MBO) zu verfassen.

(Bock und Klement 2006, S. 96ff)

1959 wurde von der ARGEBAU⁴ erstmals eine Musterbauordnung für eine Vereinheitlichung entworfen. Die aktuelle Fassung stammt von 2002 und wurde zuletzt im Jahr 2008 geändert.

Im öffentlichen Baurecht bilden die Landesbauordnungen in Anlehnung an die Musterbauordnung einen wesentlichen Bestandteil. Die Bauordnung befasst sich mit den baulichen und technischen Anforderungen, mit der Anordnung, Beschaffenheit und Benutzung von baulichen Anlagen und regelt die Abwehr von Gefahren, welche von den Gebäuden selbst, als auch von der Nutzung ausgehen. Neben der Sicherstellung der Standsicherheit von Gebäuden stellen, die Anforderungen an den Brandschutz in den verschiedenen Landesbauordnungen der Musterbauordnung und umfangreicher ergänzender Regelungen, die wichtigsten Maßnahmen zur Gefahrenabwehr für Menschen innerhalb von baulichen Anlagen dar.

⁴ Die ARGEBAU ist eine Fachkommission der Bauaufsicht, eine Arbeitsgemeinschaft der für Städtebau, Bau- und Wohnungswesen zuständigen Minister und Senatoren der 16 Bundesländer.

Die Bauordnungen der Bundesländer wurden dem zeitlichen Wandel angepasst. Die jeweilige Landesbauordnung kann auf Grund von regionalen Besonderheiten, den Bautraditionen, den unterschiedlichen Bauweisen der jeweiligen Region und den unterschiedlichen landesspezifischen Regelungen von der MBO abweichen.

(Bock und Klement 2006, S. 96ff)

Die Regeln der Musterbauordnung und Landesbauordnungen entsprechen den Anforderungen an den Brandschutz für die übliche Nutzung von Standardgebäuden mit Wohn-, Büro- oder einer vergleichbaren Nutzung. Die Bauordnungen enthalten Angaben zu Sonderbauten, an die weitergehende Anforderungen gestellt, für die aber auch Erleichterungen gestattet werden können. Für einige dieser Sondernutzungen sind spezielle Mustervorschriften erlassen worden (Hochhäuser, Versammlungsstätten, Verkaufsstätten, Garagen, etc.).

3.2.1. Gebäudeklassen

In den früheren Musterbauordnungen und den daraus resultierenden Landesbauordnungen erfolgte die Einteilung der Gebäude ausschließlich über ihre Höhe bzw. die Anzahl der Geschosse. Es wurde unterschieden zwischen Gebäuden geringer (Oberkante Fußboden des höchsten Aufenthaltsraumes ≤ 7 m über Geländeoberfläche) und mittlerer (zwischen 7 m und 22 m über Gelände) Höhe sowie Hochhäusern (≥ 22 m). Da sich aber erwiesen hat, dass die Schwierigkeit des Löscheinsatzes nicht nur von der Höhe abhängt sondern auch die Ausdehnung der einzelnen Nutzungseinheiten eine entscheidende Rolle spielt, werden die Gebäude gemäß aktueller MBO in unterschiedliche Gebäudeklassen eingeteilt. In der MBO unterscheidet man fünf verschiedene Gebäudeklassen, die wie in der folgenden Tabelle dargestellt, gemäß § 2 Absatz 3 definiert werden.

(Bock und Klement 2006, S. 97)

Tabelle 1 Definition der Gebäudeklassen nach MBO

Gebäude- klasse		Definition
1	a	<ul style="list-style-type: none"> - freistehende Gebäude - Höhe⁵ bis zu 7 m - höchstens 2 Nutzungseinheiten - insgesamt nicht mehr als 400 m² ⁶
	b	<ul style="list-style-type: none"> - freistehende land- oder forstwirtschaftlich genutzte Gebäude
2		<ul style="list-style-type: none"> - Gebäude - Höhe bis zu 7 m - höchstens 2 Nutzungseinheiten - insgesamt nicht mehr als 400 m²
3		<ul style="list-style-type: none"> - sonstige Gebäude - Höhe bis zu 7 m
4		<ul style="list-style-type: none"> - Höhe bis 13 m - Nutzungseinheiten mit jeweils nicht mehr als 400 m²
5		<ul style="list-style-type: none"> - sonstige Gebäude - unterirdische Gebäude - Höhe bis 22 m

⁵ Als Höhe wird die Fußbodenoberkante des höchstgelegenen Geschosses mit einem Aufenthaltsraum bezeichnet und wird über der Geländeoberfläche im Mittel gemessen.

⁶ Gemeint ist die Brutto-Grundfläche, Kellergeschosse außer Betracht.

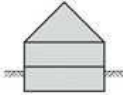
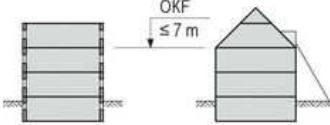
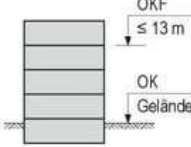
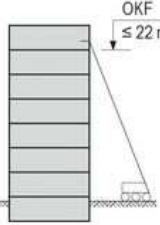
1	2	3	4	5	
freistehend land- oder forstwirtschaftlich genutzt	freistehend und OKF ≤ 7 m und ≤ 2 NE und ≤ 400 m² gesamt *)	nicht freistehend OKF ≤ 7 m	sonstige Gebäude OKF ≤ 7 m	OKF ≤ 13 m und ≤ 400 m² *) je NE	13 m < OKF ≤ 22 m oder > 400 m² *) je NE
					
Bauaufsichtliche Anforderungen nach MBO 2002 (tragende und aussteifende Wände, Stützen, Trennwände, Decken zwischen NE)					
keine Forderungen		feuerhemmend		hochfeuerhemmend	
Feuerwehreinsatz mit Steckleiter möglich			Drehleiter nötig		
■ NE = Nutzungseinheit ■ OKF = Oberkante des Fußbodens des höchstgelegenen Geschosses mit Aufenthaltsraum, ab OK Gelände ■ *) = Brutto-Grundfläche der Nutzungseinheiten ohne Kellergeschoss					

Abbildung 1 Graphische Darstellung der Gebäudeklassen 1-5 nach MBO
(Quelle: Knauf Gips KG kein Datum)

Besondere Vorkehrungen müssen für Gebäude mit vorgehängten hinterlüfteten Fassaden ab der Gebäudeklasse 1 durchgeführt werden. Dieses Thema und die zutreffenden Vorkehrungen werden in den späteren Kapiteln noch näher erläutert.

3.2.2. Klassifizierung des Brandverhaltens

Nach der Einstufung der Gebäude erfolgt die Einstufung des Brandverhaltens von Baustoffen über die Baustoffklassen. Bei einem Brand von Baustoffen wird deren Verhalten nach Eigenschaften wie Brennbarkeit, Rauchbildung und Tropfenbildung festgelegt.

In Deutschland hat sich die Normbrandprüfung⁷ nach Normreihe der DIN 4102 als Grundlage zur Beurteilung des Brandverhaltens von Baustoffen und Bauteilen

⁷ Die Normbrandprüfung ist ein Modellprüfverfahren für Baustoffe und Bauteile.

seit Jahrzehnten etabliert. Mit ihrer Hilfe soll eine Abschätzung erfolgen, die Auskunft über die Brandbeanspruchung und die Leistung (Widerstandsdauer) der Baustoffe und Bauteile gibt.

(Bock und Klement 2006, S. 168)

Zur Prüfung und Klassifizierung des Brandverhaltens von Baustoffen ist ein einheitliches Prüfverfahren notwendig. Auf nationaler Ebene erfolgt die Klassifizierung nach der DIN 4102-1. In der MBO werden in § 26 die Baustoffe nach den Anforderungen an ihr Brandverhalten unterschieden, dazu gehören unter anderem die Bezeichnungen „nichtbrennbar“, „schwerentflammbar“ und „normalentflammbar“. Diesen Bezeichnungen werden in der DIN 4102-1 Baustoffklassen zugeordnet (siehe Tabelle 2). Leicht entflammbare Baustoffe werden im § 26 Abs. (1) der MBO und allen Landesbauordnungen komplett von der Verwendung ausgeschlossen.

Tabelle 2 Baustoffklassen und Benennung nach DIN 4102-1
(Quelle: Mayr und Battran 2006, Kap. 4.2, S. 33)

Baustoffklasse		Bauaufsichtliche Benennung
A nichtbrennbare Baustoffe	A 1	nichtbrennbare Baustoffe (ohne brennbare Bestandteile)
	A 2	nichtbrennbare Baustoffe (mit brennbaren Bestandteilen)
B brennbare Baustoffe	B 1	schwer entflammbare Baustoffe
	B 2	normal entflammbare Baustoffe
	B 3	leicht entflammbare Baustoffe

Die DIN 4102-1 bleibt bis auf weiteres parallel zur europäischen DIN EN 13501-1 als Klassifizierung des Brandverhaltens erhalten und wird nicht zurückgezogen. Für Zulassungen nach harmonisierten europäischen Normen muss allerdings die DIN EN 13501-1 verwendet werden.

Die europäische Norm zur Klassifizierung von Baustoffen hat ein größeres Spektrum an Klassen und Kombinationen. Dabei werden die Baustoffe in sieben „Euroklassen“ festgelegt. Die sieben Hauptklassen sind alphabetisch von A-F (A wird doppelt als A1 und A2 genannt) eingeteilt, hinzu kommen noch Unterteilungen in die „Brandparallelerscheinungen“, wie die Rauchentwicklung und das brennende Abtropfen/Abfallen (siehe Tabelle 3). Da kein wirklicher Zusammenhang zwischen DIN 4102-1 und der europäischen Klassifizierung nach DIN EN 13501-1 besteht, kann auch keine Übertragbarkeit der jeweiligen Klassifizierung erfolgen. Lediglich die bauaufsichtlichen Benennungen/Anforderungen (nichtbrennbar, schwer entflammbar, normal entflammbar und leicht entflammbar) können zugeordnet werden.

(Mayr und Battran 2006, Kap. 4.2, S. 33ff)

Tabelle 3 Zuordnung der bauaufsichtlichen Benennungen von Baustoffen nach europäischer und nationaler Klassifizierung
(Quelle: Mayr und Battran 2006, Kap. 4.2, S. 35)

Nationale Klasse nach DIN 4102-1	Bauaufsichtliche Anforderung	Europäische Klasse nach DIN EN 13501-1	Zusatzanforderungen	
			Kein Rauch	Kein brennendes Abfallen/Abtropfen
A 1	nichtbrennbar	A 1	x	x
A 2		A 2 – s1, d0	x	x
B 1	schwer entflammbar	B – s1, d0 oder C – s1, d0	x	x
		A 2 – s2, d0 oder A 2 – s3, d0		x
		B – s2, d0 oder B – s3, d0		
		C – s2, d0 oder C – s3, d0		
		A 2 – s1, d1 oder A 2 – s1, d2	x	
		B – s1, d1 oder B – s1, d2		
		C – s1, d1 oder C – s1, d2		
		A 2 – s3, d2		
		B – s3, d2		
		C – s3, d2		
B 2	normal entflammbar	D – s1, d0 oder D – s2, d0		x
		D – s3, d0 oder E		
		D – s1, d1 oder D – s2, d1		
		D – s3, d1 oder D – s1, d2		
		D – s2, d2 oder D – s3, d2		
		E – d2		
B 3	leicht entflammbar	F		

Tabelle 4 Erläuterung der Kurzbezeichnungen
(Quelle: Mayr und Battran 2006, Kap. 4.2, S. 36)

Kurzbezeichnung	Kriterium/Anforderung
A1/A2	kein Beitrag zum Brand
B	sehr begrenzter Beitrag zum Brand
C	begrenzter Beitrag zum Brand
D	hinnehmbarer Beitrag zum Brand
E	hinnehmbares Brandverhalten
F	keine Leistung festgestellt (keine Brandschutzqualität)
s (smoke ⁸)	s1 geringe Rauchentwicklung
	s2 mittlere Rauchentwicklung
	s3 hohe Rauchentwicklung bzw. Rauchentwicklung nicht geprüft
d (droplets ⁹)	d0 kein brennendes Abtropfen/Abfallen innerhalb von 600 Sekunden
	d1 kein brennendes Abtropfen/Abfallen mit einer Nachbrennzeit länger als 10 Sekunden innerhalb von 600 Sekunden
	d2 keine Leistung festgestellt (keine Brandschutzqualität)

Jedoch werden nicht nur für die Baustoffe Klassifizierungen vorgegeben. Auch tragende und abtrennende Bauteile müssen für bestimmte Zeiträume ihre Funktion beibehalten. Aus diesem Grund sind zusätzlich zu den Abstufungen zu den Klassifizierungen von Baustoffen Zeiträume definiert, denen diese Bauteile entsprechend ihrer Bedeutung (feuerhemmend, hochfeuerhemmend, feuerbeständig, etc.) innerhalb eines Normbrandes standhalten müssen (Standards: 30 min., 60 min., 90 min.).

Die Einteilung in Gebäudeklassen und die Klassifizierung von Baustoffen und Bauteilen trägt unter anderem zum Einhalten der in der Musterbauordnung definierten Schutzziele bei.

⁸ Rauchentwicklung.

⁹ Brennendes Abtropfen.

3.2.3. Schutzziele nach Musterbauordnung

Die Schutzziele bilden die bauaufsichtlichen Anforderungen an den Brandschutz und haben für die Allgemeinheit grundsätzliche Bedeutung.

Im Absatz 1 des § 3 der MBO, dem Abschnitt der *allgemeinen Anforderungen*, heißt es:

„Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass die öffentliche Sicherheit und Ordnung, insbesondere Leben, Gesundheit und die natürlichen Lebensgrundlagen, nicht gefährdet werden.“

Des Weiteren wird in § 14 der MBO zum Abschnitt *Brandschutz* gefordert:

„Bauliche Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass der Entstehung eines Brandes 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.“

Diese beiden Paragraphen leiten die Notwendigkeit des Brandschutzes, sowie dessen rechtliche Begründung ab. Wie in Abbildung 2 dargestellt, besteht eine Rangfolge der Prioritäten für die Schutzziele von Brandschutzmaßnahmen. Der Personenschutz bezieht sich auf den Schutz von Leben und Gesundheit von Personen, allerdings nicht nur im Gebäude, sondern auch für Personen, die sich in der näheren Umgebung aufhalten. Das bedeutet, dass auch für Gegenstände, die z. B. von der Fassade oder vom Dach fallen können, Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden müssen. Der Sachschutz bezieht sich auf den Schutz von Eigentum und Besitz sowie die Eindämmung von finanziellen Schäden, die sich in der Nutzungseinheit aber auch gegenüber anderen Nutzungseinheiten einstellen können. Der Schutz der Umwelt soll schädigende Auswirkungen auf die Umwelt vermindern, die in Folge eines Brandes, aber auch in Folge des daraus resultierenden Löscheinsatzes entstehen können.

(Bock und Klement 2006, S. 39ff)

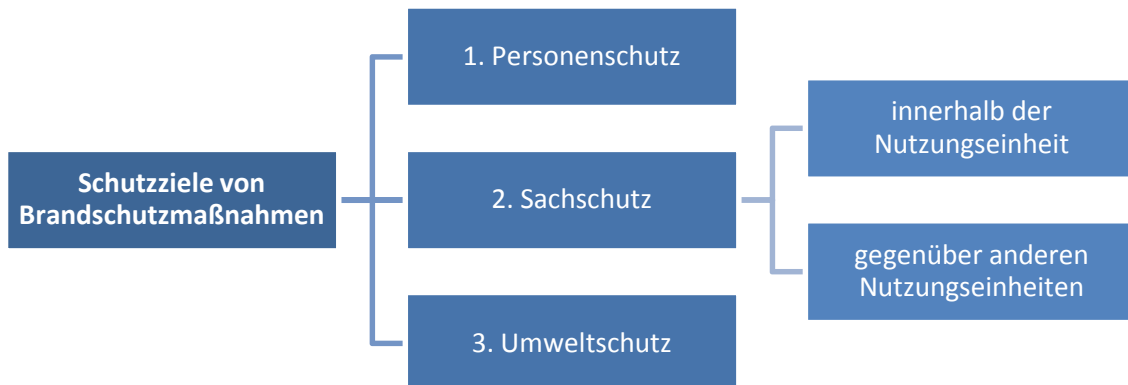


Abbildung 2 Schutzziele von Brandschutzmaßnahmen
(Quelle: Bock und Klement 2006, S. 41, geändert)

3.3. Struktur des Brandschutzes

Zuoberst steht das Ziel der Menschenrettung und die Vermeidung bzw. Reduzierung von Schäden, aber auch Maßnahmen zur sicheren und effektiven Brandbekämpfung sollen durch die Planung des vorbeugenden Brandschutzes ermöglicht werden.

Brandschutzmaßnahmen werden in die Begriffe des „vorbeugenden“ und „abwehrenden“ Brandschutzes untergliedert. Während sich der vorbeugende Brandschutz mit Maßnahmen beschäftigt, die der Vermeidung von Bränden bzw. Minimierung von Brandschäden bei einem Brandereignis dienen, steht der abwehrende Brandschutz für Maßnahmen zur Bekämpfung des Brandes.

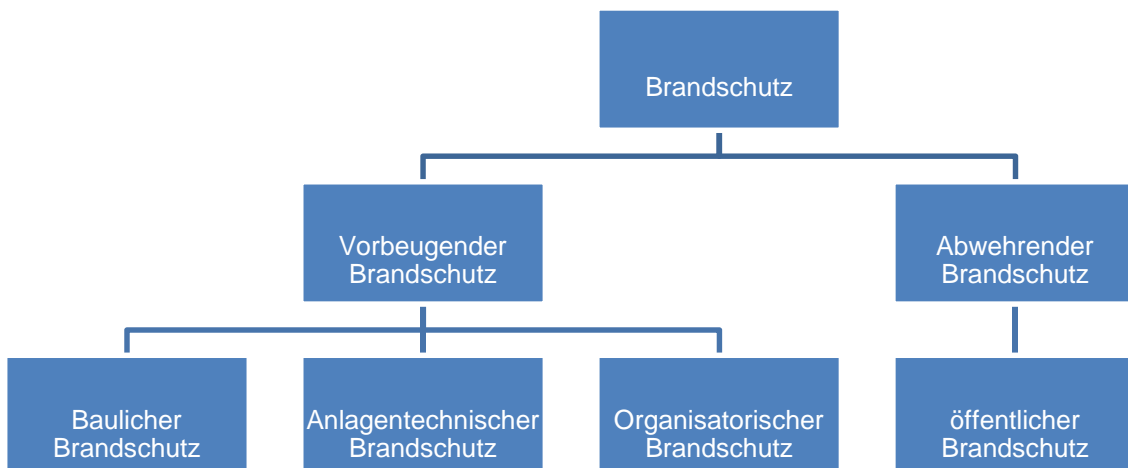


Abbildung 3 Brandschutzstruktur
(Quelle: Bock und Klement 2006, S. 39, geändert)

Bei dem Bau von vorgehängten hinterlüfteten Fassaden können in Bezug auf den baulichen Brandschutz vorbeugende Maßnahmen durchgeführt werden, die einer Brandausbreitung entgegen wirken. Hierauf wird in den späteren Kapiteln noch einmal genauer eingegangen.

Der vorbeugende Brandschutz kann ein Brandereignis jedoch nicht verhindern, es sind lediglich Maßnahmen, die die Risiken für eine Brandentstehung, und deren Folgen, vermindern sollen. Es kann also immer, trotz aller getroffenen Maßnahmen, zu einem Brandereignis kommen.

3.4. Brandgeschehen

Die DIN 14011 *Begriffe aus dem Feuerwehrwesen* definiert den Brand wie folgt:

„Ein Brand ist ein nicht bestimmungsmäßiges Brennen, das sich unkontrolliert ausbreiten kann.“

Gelangen brennbare Stoffe und Energiequellen, die zur Zündung verhelfen, zusammen, kann ein Feuer eingeleitet werden. Da der notwendige Sauerstoff in der Regel vorhanden ist, kann eine Brandentwicklung nicht ausgeschlossen werden. Bei einem ungewollten Auftreten dieser Reaktion ist die Rede von einem nicht

bestimmungsgemäßem Brennen, das auch als Schadenfeuer definiert wird. Dieses hat seinen Bestimmungsort verlassen oder ist ohne einen Bestimmungsort entstanden und hat sich dann unkontrolliert weiter ausgebreitet.

(Werner 2004, S. 38)

3.4.1. Voraussetzung für ein Brandgeschehen

Quellen, die die Entstehung eines Brandes herbeiführen, finden sich gerade in der normalen Wohnungsnutzung eines Gebäudes überall. Beispielhaft sind hier zu nennen:

- schadhafte elektrische Leitungen, Kurzschlüsse,
- falsche Verwendung und Überhitzung von Elektrogeräten,
- leicht brennbare Materialien werden neben stark erwärmenden Elektrogeräten gelagert,
- offene Feuer in Form von Kerzen, Kamin, etc.,

aber auch besonders das Einschlafen beim Rauchen und unbeaufsichtigte Kinder, die mit Feuer spielen, sind Faktoren, die zu einer Brandentstehung führen können.

(Stiftung Warentest 2002)

Zur Einleitung eines Brandes müssen drei Voraussetzungen gegeben sein (siehe Tabelle 5), die sich zur gleichen Zeit am gleichen Ort befinden müssen:

Tabelle 5 Grundlagen zur Brandentstehung
(Quelle: Gressmann 2005, S. 4f, geändert)

Komponenten	Voraussetzungen		Ergebnis
Zündquelle bzw. Zündenergie	muss ausreichend vorhanden sein		erreicht/erhält Zündtemperatur aufrecht
Brennstoff	muss ausreichend vorhanden sein muss durch Flamme aktivierbar sein	müssen im richtigen Mischungsverhältnis vorhanden sein und Steuern über ihre Anteile das Brandverhalten	hält Verbrennung somit aufrecht
Oxidationsmittel (Sauerstoff)	muss ausreichend vorhanden sein		unterhält den Verbrennungsvorgang

Das Zusammenwirken dieser drei Komponenten wird in Abbildung 4 nochmals graphisch dargestellt.

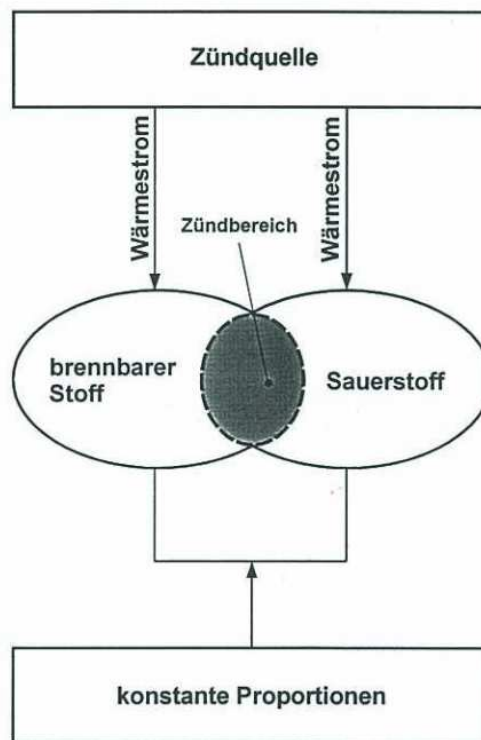


Abbildung 4 Vorbedingungen für eine Verbrennung
(Quelle: Bock und Klement 2006, S. 17)

Eine Brandvermeidung wäre schon durch die Entfernung einer Komponente möglich.

3.4.2. Die Entwicklung eines Brandes

Ein Feuer kann als schnell erfolgende Oxidation mit einer exothermen Reaktion definiert werden. Hierbei wird Wärme nach außen abgegeben, wodurch nach der Zündung ein Verbrennungsprozess entsteht. In Gebäuden, deren Brandlast im Wesentlichen aus Feststoffen besteht, die sich bei starker Erwärmung in festen Kohlenstoff und gasförmige Bestandteile zersetzen, erfolgt die Verbrennung mit Flamme und Glut.

(Gressmann 2005, S. 4ff)

Wenn Stoffe verbrennen, werden brennbare Gase freigesetzt, dieser Vorgang wird als Pyrolyse bezeichnet, die brennbaren Gase werden Pyrolysegase genannt.

(Bock und Klement 2006, S. 14)

Vereinfacht kann der in der folgenden Abbildung 5 dargestellte Verlauf eines Schadenfeuers erwartet werden.

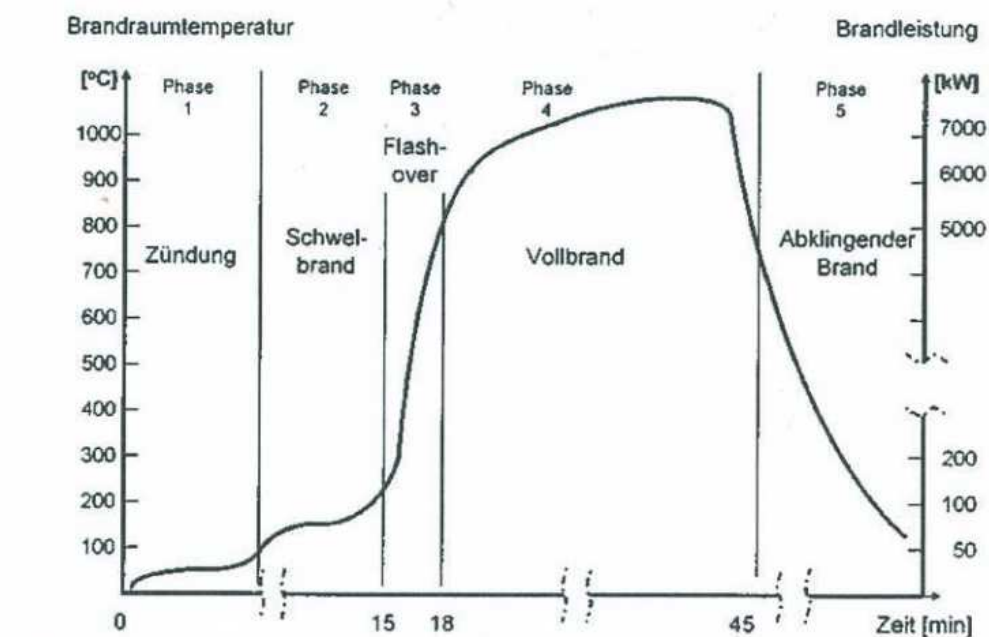


Abbildung 1-1: Ablauf von Feststoffbränden in Gebäuden – schematisiert –
Erläuterungen im Text (Hinweis: die Achse Brandleistung ist zwischen
200 kW und 5000 kW gestreckt)

Abbildung 5 Brandgeschehen in Phasen
(Quelle: Gressmann 2005, S. 5)

3.4.3. Brandverlauf am Beispiel eines Büro- bzw. Wohnraumes

Nach der erfolgten Initialzündung wird sich der anfänglich kleine Brand mit geringen Brandleistungen relativ langsam entwickeln (Zündung). Dabei heizt sich nur die unmittelbare Umgebung auf. Die Temperaturen im Brandraum sind noch relativ gering. Brennbare Stoffe in der unmittelbaren Umgebung werden durch den Initialbrand erwärmt und nehmen schließlich am Brandgeschehen teil. In dieser Phase des Entstehungsbrandes ist der im Brandraum vorhandene Sauerstoff erst mal für die Verbrennung ausreichend. Diese Brandphase wird als Glimm- oder Schwelbrandphase definiert. Die Dauer dieser Phase ist bedingt durch die Energie der Zündquelle, sowie die Art, Beschaffenheit und die Anordnung von in der Nähe der Zündquelle befindlichen Brandlasten. Die Wärmekapazität, die Wärmeleitfähigkeit der brennbaren Stoffe, die Umgebungstemperatur (auch vor der Zündung), die Größe vorhandener Lüftungsöffnungen, die Lage der Oberflächen brennbarer Stoffe zum Entstehungsbrand, aber auch die Temperatur und Feuchte der zuströmenden Luft haben Einfluss auf die Brandentwicklung in dieser Phase. Die Temperaturen im Brandraum betragen zu diesem Zeitpunkt im Allgemeinen ca. 100-200 °C (siehe Abbildung 5).

Die Weiterentwicklung des Brandes hängt in dieser Phase entscheidend von der Luftzufuhr und der bis dahin erreichten Temperatur im Brandraum ab. Da der vorhandene Sauerstoff in der Schwelbrandphase zum größten Teil aufgezehrt wird, kann der Brand unter Umständen sogar erlöschen, wenn der Raum weitgehend abgeschlossen ist, wie es in kleinzelligen Gebäudeeinheiten häufig der Fall ist. Sollte dieser Fall nicht eintreten, wird sich der Raum weiter aufheizen (ca. 300-500 °C), sodass vorhandene brennbare Stoffe pyrolysiert werden und brennbare Gase freisetzen. Diese Gase können häufig auf Grund des verringerten Sauerstoffgehaltes der Luft im Brandraum nicht am Brandgeschehen teilnehmen (man spricht vom einem ventilationsgesteuerten Brand). Je nach Raumgröße und Luftzufuhr dauert diese Phase ca. 10 bis 30 min. Beim Ansteigen der Temperaturen der Gase im Brandraum auf ca. 600 °C und höher kommt es schließlich, aufgrund der Temperaturspannung, zum Zerplatzen der Verglasung und zu einer verstärkten Luftzufuhr. Der gleiche Effekt tritt z. B. auch beim Öffnen von Zugangstüren auf. Die Pyrolysegase zünden dann innerhalb kurzer Zeit vollständig durch. Im aufgeheizten Brandraum wird der Brand sehr schnell auf alle

übrigen vorhandenen brennbaren Stoffe übergreifen, es kommt innerhalb weniger Sekunden zur Durchzündung.

Die Durchzündung, der sogenannte *flash-over*, beschreibt den Moment, in dem ausreichend Sauerstoff vorhanden und die Zündtemperatur erreicht ist, so dass die Rauchgase durchzünden und sich der Brand schlagartig auf alle brennbaren Stoffe im Raum ausbreitet. Dieses Phänomen führt zum Vollbrand.

(Gressmann 2005, 4ff)

(Bock und Klement 2006, S. 14ff)

Der Brand schlägt aus dem Brandraum heraus und zieht nach oben. Bei vorgehängten hinterlüfteten Fassaden besteht die Gefahr, dass es bei nicht ordnungsgerechter Ausbildung der Leibungs-, Sturz- und Brüstungsbekleidung zum Eintreten des Brandes in den Hinterlüftungsspalt kommen kann, was eine rasche Brandausbreitung zur Folge hätte.

4. Funktion einer vorgehängten hinterlüfteten Fassade

4.1. Ebenen der VHF

Vorgehängte hinterlüftete Fassaden bilden einen Hauptteil des Themas dieser Diplomarbeit, daher sollen in diesem Kapitel Einblicke in die Werkstoffe und in die Funktionsweisen der einzelnen Schichten einer VHF gegeben werden.

Bei VHF unterscheidet man zwei wesentliche Funktionsschichten. Es gibt zum einen den Wärmeschutz und zum anderen den Witterungsschutz, diese werden mit Hilfe des Hinterlüftungsraumes konstruktiv voneinander getrennt. Den Wärmeschutz bildet die Dämmschicht und die vorgehängte Bekleidung begegnet der Witterung (siehe Abbildung 6). Die Unterkonstruktion der VHF ist das statische Bindeglied zwischen den tragenden Bauteilen des Gebäudes und der Fassadenbekleidung.

(Eternit Aktiengesellschaft 2011, S. 6ff)

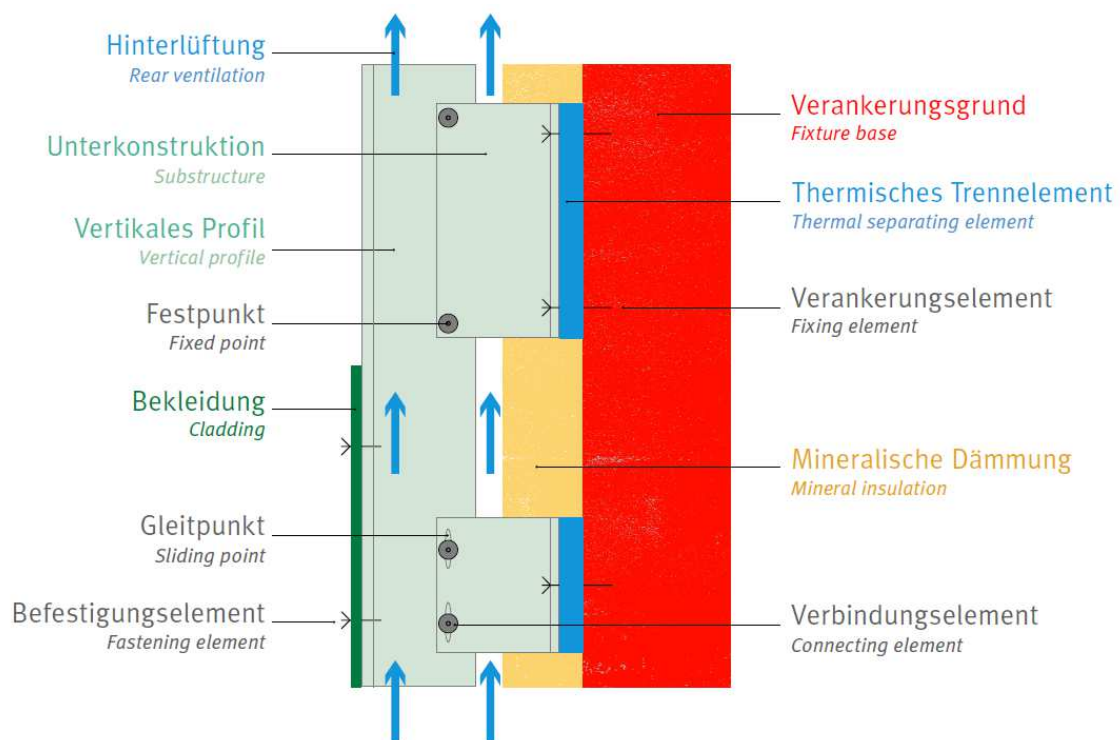


Abbildung 6 Systemaufbau der VHF nach DIN 18516-1
(Quelle: FVHF kein Datum)

Aufgrund der konstruktiven Trennung des Wärmeschutzes und des Witterungsschutzes ist die Schadensanfälligkeit von vorgehängten hinterlüfteten Fassaden geringer als bei anderen Fassadensystemen.

(Fachverband Baustoffe und Bauteile für vorgehängte hinterlüftete Fassaden e.V. kein Datum)

Die tragende Außenwand des Gebäudes bildet den Verankerungsgrund für die Systeme der VHF. Durch unterschiedliche Verankerungssysteme ist eine Montage auf verschiedenen Außenwänden möglich. Für eine solide Verankerung eignen sich besonders massive Außenwände aus Mauerwerk oder Beton. Bei der Sanierung von Bestandsgebäuden kann zum Teil der vorhandene Außenputz auf der Außenwand verbleiben, auf ihn werden dann die Unterkonstruktion, die Dämmung und die neue Fassade angebracht.

(Energie Tirol 2009, S. 14)

4.2. Aufbau einer VHF

Gemäß Pkt. 4.1 der DIN 18516-1 wird für vorgehängte hinterlüftete Fassaden gefordert:

„Es dürfen nur Bekleidungselemente, Unterkonstruktionen, Verankerungs-, Verbindungs- und Befestigungselemente, Ergänzungsteile und Dämmstoffe verwendet werden, deren Brauchbarkeit bzw. Verwendbarkeit für diesen Verwendungszweck nachgewiesen ist. Der Nachweis ist nach Normen oder durch eine allgemeine bauliche Zulassung oder eine Europäische Technische Zulassung zu führen. Für niet- und schraubenartige Befestigungen und Verbindungen können allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnisse erbracht werden (auf die Technischen Baubestimmungen wird hingewiesen).“

Auf die Außenwand wird, mit Hilfe von Verankerungselementen, die Unterkonstruktion montiert. Als Unterkonstruktion gibt es in der Regel zwei verwendete Werkstoffe. Gebräuchlich sind Unterkonstruktionen aus Holz oder Metall, ggf. auch eine Kombination aus beiden Werkstoffen.

Entscheidend bei der Auswahl der Unterkonstruktion ist die Wahl der Fassadenelemente¹⁰ aber auch die Größe des Gebäudes. Holzunterkonstruktionen sind gemäß MBO nur bis Gebäudeklasse 4 zulässig, dadurch wird eine wichtige Eingrenzung für die Verwendung erbracht.

Bei einer Unterkonstruktion aus Holz wird die Konterlattung durch Verankerungselemente auf dem Untergrund montiert. Über Verbindungsmittel wird die vertikale Traglattung auf der Konterlattung angebracht. Unter Verwendung von Befestigungselementen wird wiederum die Fassadenbekleidung an der Traglattung montiert.

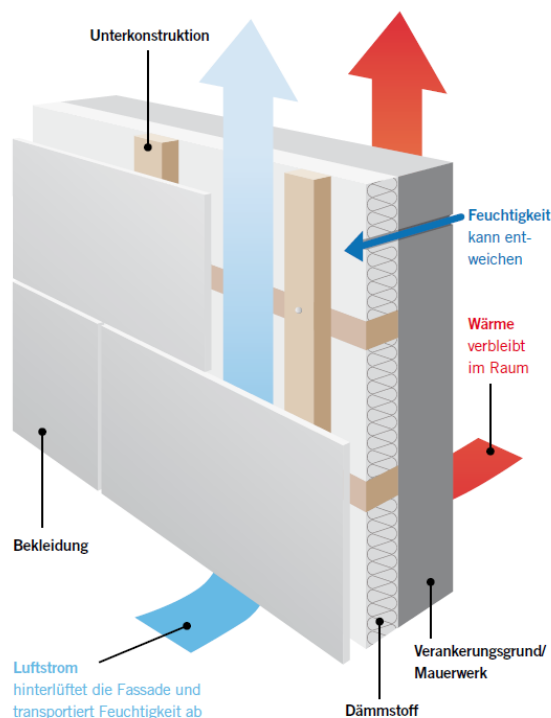


Abbildung 7 Aufbau und Funktion der VHF mit Holz-UK
(Quelle: hagebau Handelsgesellschaft für Baustoffe mbH & Co. KG 2011, S. 8)

Unterkonstruktionen aus Metall werden in der Regel aus dem Werkstoff Aluminium hergestellt. Hierbei gibt es verschiedene Ausführungen, von denen die Bekleidung aufgenommen werden kann. Auf den Verankerungsgrund werden die Wandhalter angebracht, auf welche wiederum die vertikalen Profile justiert werden.

¹⁰ Je nach Format oder der Dicke der Fassadentafeln unterscheidet sich das Gewicht und somit die Möglichkeit der Anbringung.

Die Fassadenbekleidung wird an den vertikalen Profilen der Unterkonstruktion befestigt. Bei Unterkonstruktionen aus Metall ist es besonders wichtig, thermische Trennelemente zwischen Außenbauteil und Wandhalter anzubringen, da Metall eine sehr viel höhere Wärmeleitfähigkeit als Holz besitzt. Die Standsicherheit ist rechnerisch nachzuweisen, für alle Bauteile ist ein bauaufsichtlicher Verwendbarkeitsnachweis erforderlich.

(Eternit Aktiengesellschaft 2011, S. 22f)

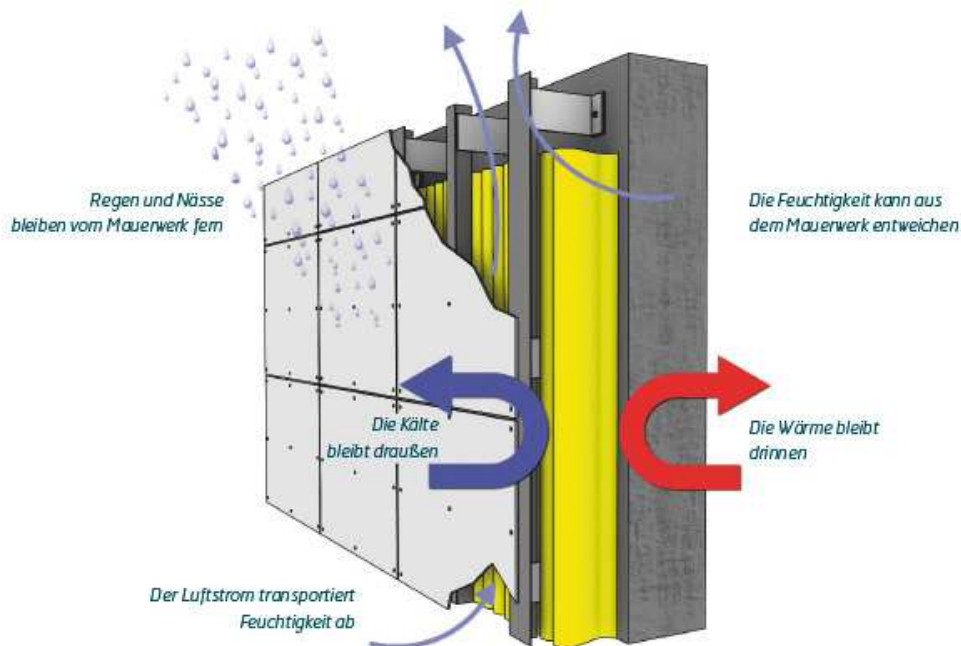


Abbildung 8 Aufbau und Funktion der VHF mit Aluminium-UK
(Quelle: ICC-Fassadentechnik GmbH kein Datum)

Die vertikale Anordnung der Traglattung bzw. der Aluminiumprofile soll eine einwandfreie vertikale Luftströmung im Hinterlüftungsspalt gewährleisten.

Auf die Außenwand wird die Wärmedämmung zwischen den Wandhaltern (siehe Abbildung 7 und Abbildung 8) angebracht. Sie bildet den eigentlichen Wärmeschutz für das Gebäude und wird direkt auf der Außenwand befestigt. Für die Wärmedämmung von hinterlüfteten Außenwandverkleidungen dürfen laut DIN 18516-1 nur genormte oder bauaufsichtlich zugelassene Dämmstoffe verwendet werden.

Zwischen der Wärmedämmung und der Fassadenbekleidung verbleibt ein Hinterlüftungsspalt, der dazu dient, Feuchtigkeit aus der Dampfdiffusion des Gebäudes, aber auch ggf. eindringendes Niederschlagswasser, abzuführen.

Auf den Tragprofilen wird die Fassadentafel montiert.

Für die Fassadenelemente steht ein breites Spektrum an unterschiedlichen Materialien zur Verfügung, beispielhaft sind zu nennen:

- Tafeln aus Faserzement,
- HPL¹¹ – Platten (Hochdrucklaminatplatten)
- Keramik,
- verschiedenste Metalle und
- Glas,
- aber auch Trägerplattensysteme mit diversen Oberflächen sind gebräuchlich.

Hierzu wird je nach Material das geeignete Befestigungselement gewählt. Über die Hinterlüftungsebene kann die Luft ständig zirkulieren.

(Fachverband Baustoffe und Bauteile für vorgehängte hinterlüftete Fassaden e.V. 2010)

4.3. VHF aus bauphysikalischer Sicht

Aus bauphysikalischer Sicht haben vorgehängte hinterlüftete Fassaden den Vorteil, dass sie eine größtmögliche Wärmespeicherung der innenliegenden Bauteile bieten und eine Auskühlung im Winter bzw. eine Aufheizung im Sommer weitestgehend vermeiden können.

(Eternit Aktiengesellschaft 2011, S. 7)

Für ein behagliches Klima im Raum ist nicht nur die Raumwärme verantwortlich, sondern auch die Strahlungstemperaturen der Umgebungsflächen. Durch die individuell angepasste Dämmstoffdicke ist in Kombination mit vorgehängten hinterlüfteten Fassaden ein behagliches Klima im Innenraum möglich.

¹¹ HPL ist die englische Abkürzung für Hochdrucklaminatplatten und bedeutet *High Pressure Laminate*.

In einem Gebäude entsteht durch die tägliche Nutzung eine Raumfeuchtigkeit, das heißt, dass die Luft ständig neu befeuchtet wird. Durch Heizen (Erwärmen des Raumes) dehnt sich die Luft aus und der Luftdruck erhöht sich. Die Dampfdiffusion ist die Folge von Raumfeuchtigkeit und Luftüberdruck. Der erhöhte Druck treibt die feuchte Luft zum Teil in Form von Wasserdampf durch Öffnungen, aber auch durch die porösen Bauteile nach draußen. Die Diffusion der Luft erfolgt immer parallel zum Druckgefälle, welches in nicht klimatisierten Räumen immer von innen nach außen stattfindet. In der Hinterlüftungsebene kann dieser Wasserdampf bestmöglich abgeführt werden. Dies ist bei anderen Bekleidungs-systemen (siehe Abbildung 9) nicht sichergestellt. Bei Fassaden ohne Hinterlüftungsspalt kann es zu einem Feuchtestau vor der Bekleidung in der Dämmschicht kommen.

(RP Bauelemente OHG kein Datum)

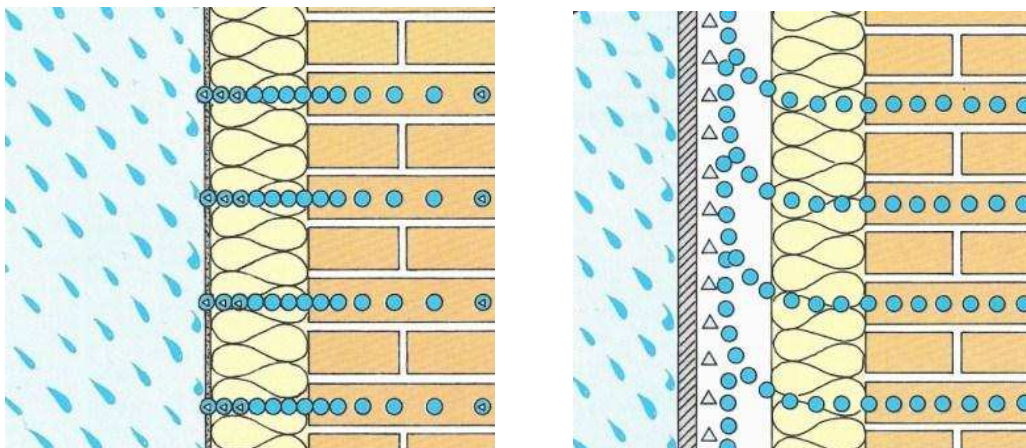


Abbildung 9 Fassadenbekleidung mit und ohne Hinterlüftung und der Abtransport von Wasserdampf

(Quelle: RP Bauelemente OHG kein Datum)

Gemäß DIN 18516-1 ist beim Wärme-, Feuchte-, Schall- und Brandschutz das Zusammenwirken der Außenwand mit der Außenwandbekleidung zu berücksichtigen. Aber auch gegen Wärmebrücken, die durch die Verankerung der Unterkonstruktion entstehen, muss ein ausreichender Schutz nachgewiesen werden können. Die durch Wärmebrücken entstehenden Energieverluste sind bei der Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten zu berücksichtigen. Hierfür gibt es eine gesonderte *Richtlinie für Wärmebrücken bei vorgehängten hinterlüfteten Fassaden*. Um Baufeuchte, Niederschlagswasser oder Tauwasser abzuleiten, ist

eine Hinterlüftung zur Wasserableitung an der Innenseite erforderlich. Diese Anforderung wird in der Regel erfüllt, wenn zwischen Dämmschicht und Bekleidung mindestens ein Abstand von 20 mm vorhanden ist. Aus physikalischer Sicht kann der Abstand örtlich durch Wandunebenheiten oder durch die Unterkonstruktion auf 5 mm reduziert werden. Bei Trapezblechen oder Wellenprofiltafeln darf die Bekleidung zum Teil streifenförmig aufliegen, wenn sichergestellt ist, dass der Hinterlüftungsquerschnitt mindestens $200 \text{ cm}^2/\text{m}$ beträgt. Am Gebäudefußpunkt und am Dachrand sind Be- und Entlüftungsöffnungen mit Querschnitten von mindestens $50 \text{ cm}^2/\text{m}$ Wandlänge vorzusehen. Im Sockelbereich sind Öffnungen zur Hinterlüftung der Außenwandbekleidung mit einer Breite $> 20 \text{ mm}$ durch Lüftungsgitter (mindestens $50 \text{ cm}^2/\text{lfdm}$) sicherzustellen.

Einen besonderen Vorteil bringen die vorgehängten hinterlüfteten Fassaden auch für das optisch ebene Bild mit sich. Durch die Toleranzen, die bei der Verlegung der Dämmstoffe aus bauphysikalischer Sicht zulässig sind, können Versprünge oder Unregelmäßigkeiten in der Außenwand problemlos ausgeglichen werden.

5. Brandschutztechnische Betrachtung von vorgehängten hinterlüfteten Fassaden

5.1. VHF aus Sicht des vorbeugenden Brandschutzes

Aus der Sicht des vorbeugenden Brandschutzes stellen die Musterbauordnung und die Landesbauordnungen wichtige Anforderungen, durch deren Einhaltung die Folgen eines Brandes minimiert werden sollen. Aber die Erfahrung hat gezeigt, dass Brandereignisse selbst bei guter Planung und sorgfältiger Gebäudenutzung nicht auszuschließen sind. Deshalb müssen auch VHF in die Überlegung hinsichtlich des Brandschutzes einbezogen werden. Schadensereignisse in den letzten Jahren haben gezeigt, dass Brände im Bereich von Fassaden regelmäßig zu Brandübertragungen in die darüber liegenden Geschosse geführt haben. Diese Brände sind signifikant bei Fassaden mit Wärmedämm-Verbundsystemen in Verbindung mit brennbaren Dämmstoffen aufgetreten.

In einem Wohnhaus in der Treskowstraße in Berlin kam es im April 2005 zu einem Brandereignis (Zimmerbrand). Die Außenwandbekleidung hatte zum Teil Ähnlichkeit mit einer, in der Norm definierten, vorgehängten hinterlüfteten Fassade. Allerdings entsprach die Ausführung der Außenwandbekleidung in keiner Hinsicht den Anforderungen der DIN 18516-1. Dieses Großbrandereignis ist in seiner Schadenshöhe nachweislich einer fehlerhaften Ausführung und einer Abweichung von den bestehenden, im Folgenden beschriebenen gesetzlichen Regelungen zuzuordnen.



*Die Situation unmittelbar nach Eintreffen der Feuerwehr:
Die Fassade steht bereits in Vollbrand.*



Deutliche Brandspuren an der Vorderfassade

Abbildung 10 Brandereignis in der Treskowstraße, Berlin
(Quelle: spreepicture 2005 in: Dipl.-Ing. Broemme 2005, S. 439f)

Der in Abbildung 10 gezeigte Brand, konnte sich aufgrund von baulichen Mängeln zu einem solchen Großbrand ausweiten. Die für die Fassade verwendeten Baustoffe entsprachen in ihrer Klassifizierung und Ausführung nicht den Anforderungen an hinterlüftete Außenwandbekleidungen nach Norm.

(Dipl.-Ing. Broemme 2005)

Brände, bei denen es zu einer erheblichen Brandausbreitung über die vorgehängten hinterlüfteten Fassaden gekommen ist und die normgerecht nach den Anforderungen der DIN 18516-1 errichtet wurden, sind der Verfasserin dieser Arbeit nicht bekannt.

5.2. Schutzziele für VHF

Das Schutzziel aller Brandschutzmaßnahmen, die im Bereich von Außenwänden und Außenwandbekleidungen vorgesehen sind, ist die Verhinderung der raschen Ausbreitung eines Primärbrandes in das nächst höhere Geschoss oberhalb des

eigentlichen Brandraumes. Dieses Schutzziel besteht demnach auch für hinterlüftete Vorhangfassaden.

Wie unter anderem die in den siebziger Jahren durchgeführten *Lehrter Brandversuche* gezeigt haben, ist eine unmittelbare Brandübertragung in das Geschoss über dem Brandraum auch bei einer nicht hinterlüfteten Fassade nicht zu verhindern.

Bei einem Austritt des Feuers aus dem Brandraum zieht der Brand an der Fassade nach oben und erzeugt direkt in Höhe der Fenster (Öffnungen) des nächsten Geschosses sehr hohe Temperaturen (siehe Abbildung 11).

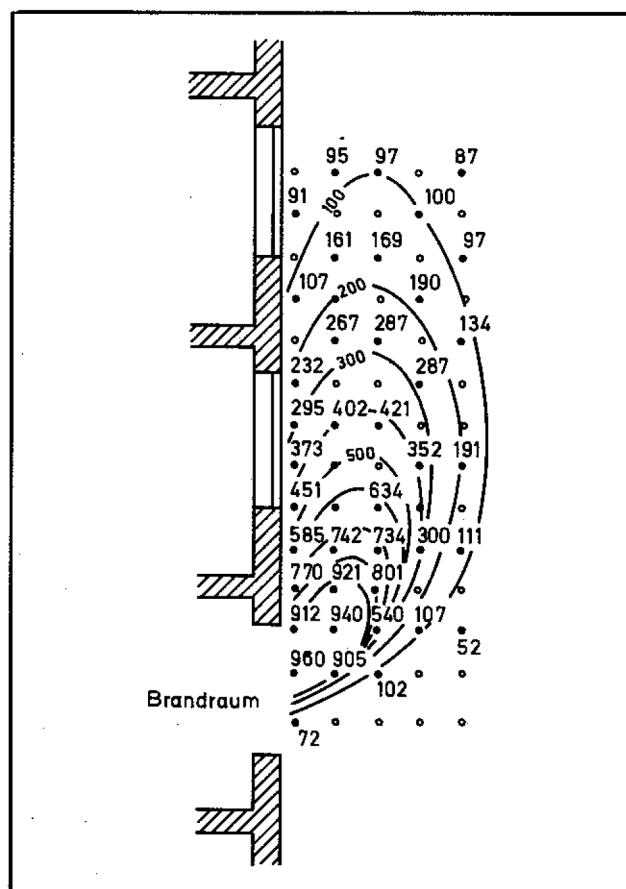


Bild 6-31: Originalmeßwerte und Isothermen zum Zeitpunkt der maximalen Temperaturen ($t = 23'$, Versuch 1)

Abbildung 11 Ausschnitt aus „Brandversuche Lehrte“ mit Darstellung der vor der Außenwand gemessenen Temperaturen
(Quelle: Bechthold, Ehlert und Wesche 1978, S. 40)

Das Feuer breitet sich zum einen direkt über die Flammen aus, aber auch die Wärmeübertragung kann zur weiteren Ausbreitung (Entzündung) beitragen.

(Bock und Klement 2006, S. 20)

Bis zu einer Branderkennung vergehen in der Regel 3 Minuten. Die Eingreifzeit¹² der Feuerwehr beträgt laut der *Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren* (AGBF) bei einem kritischen Wohnungsbrand 13,5 Minuten. Sie setzt sich aus 1,5 min. Gesprächs- und Dispositionszeit und 8 min. Ausrück- und Anfahrtszeit, welche Zusammen die Hilfsfrist bilden, sowie 4 min. Erkundungs- und Entwicklungszeit zusammen. So kann davon ausgegangen werden, dass ab Ausbruch des Brandes bis zu ersten Handlung am Einsatzort knapp 17 min. vergehen.

(Grundsatzausschuss der AGBF 1998)

Das Feuer wird sich zum Zeitpunkt des Eintreffens der Feuerwehr in der *flash-over* oder Vollbrandphase befinden. Es ist erforderlich, eine weitere Ausbreitung in das übernächste Geschoss mindestens bis zu diesem Zeitpunkt zu verhindern. Das Brandgeschehen sollte im ungünstigsten Fall mit dem Beginn des Löschvorganges stagnieren und die Gefahr eines Brandüberschlages in das übernächste Geschoss eingedämmt werden.

Wie in der Abbildung 11 (siehe S. 44) gut erkennbar, sind vor dem zweiten Geschoss über dem Brandraum nur noch geringe Temperaturen vorhanden, die nicht für einen Brandüberschlag in dieses Geschoss reichen, wenn die Feuerwehr im zu erwartenden Zeitrahmen eingreift.

Daraus ableitend ist zu sagen, dass aufgrund der Anforderungen an die Nutzbarkeit und die daraus resultierenden ungesicherten Öffnungen in jedem Geschoss eine Brandübertragung in das Geschoss über dem Brandraum nicht auszuschließen ist und akzeptiert wird. Schutzziel muss daher die Behinderung einer unmittelbaren Brandübertragung in das zweite Geschoss über dem Brandraum sein.

5.3. Vertikale Brandübertragung bei Gebäuden mit VHF

Schlägt der Brand aus den Öffnungen des Brandraumes eines Gebäudes mit vorgehängter hinterlüfteter Fassade, wird befürchtet, dass der Brand in den Hinterlüftungsspalt zieht und den wesentlichen Faktor der Brandübertragung

¹² Die Eingreifzeit ist die verflossene Zeit, zwischen dem Eingang der Nachricht über einen Brand und den ersten Maßnahmen am Einsatzort (Prendke und Schröder 2001, S. 105).

bzw. -ausbreitung darstellt. Dies würde bedeuten, dass der Brand vor der Fassadenbekleidung als weniger kritisch eingestuft wird, als der Brand im Hinterlüftungsspalt. Es wird angenommen, dass der Brand sich durch die vertikale Luftströmung schneller auf die darüber liegenden Etagen ausbreitet und der Brandüberschlag ins übernächste Geschoss gemäß Schutzziel nicht ausreichend behindert werden kann.

5.4. Kamineffekt

Durch die Erwärmung von Luft (auch Verbrennung) am unteren Ende eines Schachtes kommt es zu einer Verringerung des spezifischen Gewichtes (Unterdruck) und somit zu einem Aufsteigen der Luft.¹³ Dies führt zu einer Nachströmung (Überdruck) im unteren Schachtbereich und somit zu einer fortgesetzten Durchströmung. Dies ist ein immer zirkulierender Auftrieb, eine Druckdifferenz, die aus der Differenz der Temperaturen entsteht. Dieser bei Schornsteinen durchaus erwünschte „Schornsteineffekt“ oder „Kamineffekt“ wird im Brandfall bei vorgehängten hinterlüfteten Fassaden, deren Hinterlüftungsspalt ebenfalls als Schacht betrachtet werden kann, kritisch gesehen.

Zusammenfassend ist zu diesem Kapitel zu sagen, dass eine Brandentstehung in keinem Fall auszuschließen ist und daher stets mit einem Brandüberschlag in das über dem Brandraum liegende Geschoss gerechnet werden muss. Gegen einen Brandüberschlag in das übernächste Geschoss sind im Vorfeld Maßnahmen (vorbeugender Brandschutz) zu treffen, die dieses Risiko so gering wie möglich halten. Es ist in den folgenden Kapiteln zu klären, ob eine Brandausbreitung durch den Hinterlüftungsspalt begünstigt wird, welche sinnvollen Annahmen dagegen zu treffen sind, und ob die nachfolgend aufgeführten Anforderungen gegen eine Brandausbreitung wirksam aber auch aus physikalischer Sicht umsetzbar sind.

¹³ Eine Erwärmung um 900 K führt zu einer Verringerung des Gewichts auf ca. 25 % des Ursprunggewichts.

6. Richtlinien und Vorgaben in Zusammenhang mit vorgehängten hinterlüfteten Fassaden

In diesem Kapitel sollen die allgemeingültigen, rechtlichen Anforderungen an vorgehängte hinterlüftete Fassaden wiedergegeben werden. Anfangend bei der ersten Betrachtung in der Musterbauordnung, über die Forderungen der DIN 18516-1 und den dazu gehörenden Anforderungen in den Ausführungsvorschriften der Liste der Technischen Baubestimmungen.

6.1. Musterbauordnung (MBO)

§ 28 der MBO, dient der Beurteilung von Außenwänden. In ihm heißt es:

„(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. ²Satz 1 gilt nicht für brennbare Fensterprofile und Fugendichtungen sowie brennbare Dämmstoffe in nichtbrennbaren geschlossenen Profilen der Außenwandkonstruktion.

(3) ¹Oberflächen von Außenwänden sowie Außenwandbekleidungen müssen einschließlich der Dämmstoffe und Unterkonstruktionen schwerentflammbar sein; 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.

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

(5) Die Absätze 2 und 3 gelten nicht für Gebäude der Gebäudeklassen 1 bis 3.“

Die Anforderungen für hinterlüftete Fassaden werden in § 28 Absatz 4 der Musterbauordnung geregelt und inhaltlich von allen Landesbauordnungen übernommen. Es werden keine Angaben gemacht, wie die besonderen Vorkehrungen zu den hinterlüfteten Fassaden auszusehen haben.

In Zusammenhang mit VHF findet man außerdem in § 30 der MBO Anforderungen, die in Bezug auf die Brandwände gestellt werden.

*„(1) Brandwände müssen als raumabschließende Bauteile zum Abschluss von Gebäuden (Gebäudeabschlusswand) oder zur Unterteilung von Gebäuden in Brandabschnitte (innere Brandwand) ausreichend lang die Brandausbreitung auf andere Gebäude oder Brandabschnitte verhindern.
[...]*

(7) ¹Bauteile mit brennbaren Baustoffen dürfen über Brandwände nicht hinweggeführt werden. ²Außenwandkonstruktionen, die eine seitliche Brandausbreitung begünstigen können wie Doppelfassaden oder hinterlüftete Außenwandbekleidungen, dürfen ohne besondere Vorkehrungen über Brandwände nicht hinweggeführt werden. ³Bauteile dürfen in Brandwände nur soweit eingreifen, dass deren Feuerwiderstandsfähigkeit nicht beeinträchtigt wird; für Leitungen, Leitungsschlitze und Schornsteine gilt dies entsprechend.“

Präzisierende Regelungen zu vorgehängten hinterlüfteten Fassaden finden sich in der bauaufsichtlich als Technische Baubestimmung eingeführten DIN 18615-1.

6.2. DIN 18516-1 Außenwandbekleidungen, hinterlüftet – Teil 1: Anforderungen, Prüfgrundsätze

Die DIN-Norm wird für hinterlüftete Außenwandbekleidungen und die Unterkonstruktionen, einschließlich der Verankerungen, der Verbindungen und Befestigungen angewendet.

Ausgenommen sind traditionelle Außenwandbekleidungen aus kleinformatischen Bauteilen (Schindeln, Schiefer) oder aus brettformatigen Elementen mit geringer Brettbreite, die nach allgemeinen Regeln der Technik befestigt werden.

In der DIN 18516-1 wird auf den Brandschutz nur insoweit Bezug genommen, als dass für die einzelnen Bauteile der Fassaden das Vorliegen eines gültigen Verwendbarkeitsnachweises verlangt wird.

In Punkt 4.4 der DIN 18516-1 *Anforderungen an den Brandschutz*, wird lediglich auf die Anforderungen nach der *Musterliste der Technischen Baubestimmungen Teil 1* verwiesen.

6.3. Ausführungsvorschriften – Liste der Technischen Baubestimmungen (AV LTB)

Die in den einzelnen Bundesländern in enger Anlehnung an die Muster-Liste der Technischen Baubestimmungen gepflegten *Ausführungsvorschriften - Listen der Technischen Baubestimmungen* (AV LTB) regeln die Einführung und damit die verpflichtende Anwendung von bautechnischen Normen. Hier ist unter anderem die DIN 18516 als bindende Norm aufgeführt. Zu einzelnen Normen dieser Ausführungsvorschriften sind weitergehende Regelungen in den Anlagen erlassen worden.

So gibt es zur DIN 18516-1 die Anlage 2.6/4. In dieser Anlage werden besondere brandschutztechnische Anforderungen an hinterlüftete Außenwandbekleidungen gestellt, die über die DIN 18516-1 hinausgehen. Damit werden die Forderungen im § 28 Absatz 4 und § 30 Absatz 7 der Musterbauordnung an geschossübergreifende Außenwandbekleidungen bzw. über Brandwände hinweggeführte Außenwandbekleidungen bezüglich der Vorkehrungen gegen die Brandausbreitung konkretisiert.

Die Bauteile der hinterlüfteten Außenwandbekleidung werden in dieser Liste nochmals benannt, ein kurzer Absatz erläutert die besonderen Anforderungen an die Materialien. Der Großteil der AV LTB definiert die Brandsperren, die eine Begrenzung der Brandausbreitung im Hinterlüftungsspalt bewirken sollen.

In der AV LTB wird verschärfend zu § 28 Absatz 3 Satz 1 (siehe Kapitel 6.1) eine nichtbrennbare Dämmung gefordert. Die Befestigung der Dämmstoffe auf der Unterkonstruktion kann mechanisch oder durch Klebemörtel erfolgen, wobei auch hier eine Reduzierung der brennbaren Bestandteile bzw. die Schwerentflammbarkeit gefordert wird. Hierdurch soll eine Einschränkung der Brandlast im Hinterlüftungsspalt unterhalb der Fassadenoberfläche bewirkt werden. Stabförmige Unterkonstruktionen sind gemäß § 28 Absatz 3 Satz 1 Halbsatz 2 zulässig. Bei der Tiefe des Hinterlüftungsspalt wird deutlich unterschieden zwischen der Verwendung einer hölzernen Unterkonstruktion bzw. einer Unterkonstruktion aus Metall. Zulässig ist bei einer Holzunterkonstruktion eine Tiefe von maximal 50 mm und bei Metall eine maximale Tiefe von 150 mm.

6.3.1. Brandsperren in der AV LTB

Aufgenommen in die Musterliste der Technischen Baubestimmungen wurde der „Einbau von Brandsperren“ vom *Deutschen Institut für Bautechnik* (DIBt). Diese werden für hinterlüftete Außenwandbekleidungen gefordert. Definitionsgemäß dienen Brandsperren der Begrenzung der Brandausbreitung im Hinterlüftungsspalt über eine ausreichend lange Zeit durch Unterbrechung oder partielle Reduzierung des freien Querschnittes des Hinterlüftungsspalt. Unterschieden werden horizontale Brandsperren auf der gesamten Außenwandfläche und vertikale Brandsperren nur im Bereich von Brandwänden.

Wörtlich fordert die Anlage zur AV LTB zu horizontalen Brandsperren:

„[...]“

4 Horizontale Brandsperren

4.1 *In jedem zweiten Geschoss sind horizontale Brandsperren im Hinterlüftungsspalt anzuordnen. Die Brandsperren sind zwischen der Wand und der Bekleidung einzubauen. Bei einer außenliegenden Wärmedämmung genügt der Einbau zwischen dem Dämmstoff und der Bekleidung, wenn der Dämmstoff im Brandfall formstabil ist und einen Schmelzpunkt von > 1.000 °C aufweist.*

4.2 *Unterkonstruktionen aus brennbaren Baustoffen müssen im Bereich der horizontalen Brandsperren vollständig unterbrochen werden.*

4.3 Die Größe der Öffnungen in den horizontalen Brandsperren ist insgesamt auf 100 cm²/lfm Wand zu begrenzen. Die Öffnungen können als gleichmäßig verteilte Einzelöffnungen oder als durchgehender Spalt angeordnet werden.

4.4 Die horizontalen Brandsperren müssen über mindestens 30 Minuten hinreichend formstabil sein (z. B. aus Stahlblech mit einer Dicke von $d \geq 1$ mm). Sie sind in der Außenwand in Abständen von $\leq 0,6$ m zu verankern. Die Stahlbleche sind an den Stößen mindestens 30 mm zu überlappen.

4.5 Laibungen von Außenwandöffnungen (Türen, Fenster) dürfen integraler Bestandteil von Brandsperren sein, soweit der Hinterlüftungsspalt durch Bekleidung der Laibungen und Stürze der Außenwandöffnungen verschlossen ist; die Bekleidung muss den Anforderungen nach Ziffer 4.4 entsprechen, Unterkonstruktionen und eine ggf. vorhandene Wärmedämmung müssen aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen.

4.6 Horizontale Brandsperren sind nicht erforderlich

1. bei öffnungslosen Außenwänden,
2. wenn durch die Art der Fensteranordnung eine Brandausbreitung im Hinterlüftungsspalt ausgeschlossen ist (z. B. durchgehende Fensterbänder, geschossübergreifende Fensterelemente) und
3. bei Außenwänden mit hinterlüfteten Bekleidungen, die einschließlich ihrer Unterkonstruktionen, Wärmedämmung und Halterungen aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen, wenn der Hinterlüftungsspalt im Bereich der Laibung von Öffnungen umlaufend im Brandfall über mindestens 30 Minuten formstabil (z. B. durch Stahlblech mit einer Dicke von $d \geq 1$ mm) verschlossen ist.

[...]“

Vertikale Brandsperren sind im Bereich von Brandwänden anzuordnen, wobei der Hinterlüftungsspalt nicht über die Brandwand hinweggeführt werden darf und in der Dicke der Brandwand mit einem formstabilen Dämmstoff mit einem Schmelzpunkt von > 1.000 °C auszuführen ist.

7. Kritische Betrachtung der geltenden Anforderungen

Im folgenden Kapitel bezieht sich die Verfasserin zum Teil auf Aussagen, die in dem Artikel „Über die Notwendigkeit von Brandsperren bei vorgehängten hinterlüfteten Fassaden“ getroffen wurden.

(Thiemann und Foth 2011)

Seit Veröffentlichung der ersten Muster-Liste der Technischen Baubestimmungen (M-LTB), mit denen in Kapitel 6.3 geschilderten Inhalten der Anlage 2.6/4 (vorher 2.6/11), ist eine Diskussion über die Angemessenheit und Praxistauglichkeit dieser Forderungen entstanden.

Von Anfang an wurde von Fachleuten die pauschale Anwendung ohne Berücksichtigung von Gebäudeklassen oder –höhen bemängelt. Um hier ein Beispiel zu nennen, erscheint die Forderung nach der Verwendung nichtbrennbarer Dämmstoffe innerhalb der Fassade von Gebäuden der Gebäudeklasse 1 – 3, in denen selbsttragende Bauteile lediglich schwerentflammbar sein müssen, überzogen. Dies wurde durch den Normgeber sogar indirekt anerkannt, da traditionelle Außenwandbekleidungen aus kleinformatigen oder brettartigen Elementen ausdrücklich aus dem Anwendungsbereich der DIN 18516-1 ausgeschlossen werden. Hier sollten wohl hölzerne Schindeln, Schiefertafeln, etc. aus dem Wirkbereich der DIN ausgenommen werden, welche der traditionellen Herstellung und den anerkannten Handwerksregeln entsprechen.

Selbst bei Kenntnis der in ihrer Pauschalität überqualifizierten Ausführung in den Gebäudeklassen 1 – 3 sind die eingeführten Technischen Baubestimmungen grundsätzlich zu beachten. Sie stellen bei der planerischen und baulichen Umsetzung die derzeit rechtssichere Lösung dar.

Die vom Gesetzgeber vorgesehene Möglichkeit der Abweichung nach § 3, Absatz 3, Satz 3 der MBO bei Nachweis derselben Sicherheit, führt immer zu einer Beweislastumkehr im Schadensfall. Aber welcher Bauschaffende möchte sich dieser zusätzlichen Haftung, Verantwortung und Belastung aussetzen?

7.1. Brandsperren

Einer kritischen Betrachtung müssen auch die pauschalen Forderungen nach horizontalen Brandsperren unterzogen werden.

Gerade die horizontale, umlaufende Brandsperre ist aus bauphysikalischer Sicht in Bezug auf die Gebrauchstauglichkeit kritisch zu hinterfragen. Durch die Reduzierung des Hinterlüftungsquerschnittes auf 100 cm²/lfdm Wand (siehe Kapitel 6.3) ist eine Zirkulation der theoretisch durch Erwärmung aufsteigenden Luft nicht mehr sichergestellt. Der so wichtige Feuchtigkeitsabtransport ist nicht mehr gegeben.

Auch wenn die Bekleidung von vorgehängten hinterlüfteten Fassaden witterungsbeständig ist, lässt eine fugenoffene Konstruktion der Bekleidung die Feuchtigkeit und ggf. Schlagregen sowie Wind in den Hinterlüftungsspalt eindringen.

Die meist mineralische Dämmschicht ist hydrophil und kann sich daher ggf. mit Wasser vollsaugen. Dies ist nicht kritisch wenn ein Feuchtigkeitsabtransport möglich ist, denn die abdichtenden Schichten befinden sich gewöhnlich zwischen der Wärmedämmung und der Außenwand. Durch die Aufnahme der Feuchtigkeit wird die Wärmedämmung temporär schwerer und hat eine schlechtere Wärmedämmeigenschaft. Da bei einer ausreichenden Hinterlüftung die Dämmung schnell wieder trocknet, wäre dieser zeitweise auftretende Faktor aus bauphysikalischer Sicht unkritisch. Kommt es durch die Reduzierung des Hinterlüftungspaltes zu keinem vollständigen Feuchtigkeitsabtransport aus der Wärmedämmung, sondern ggf. noch zu einem weiteren Witterungsereignis, wird der Feuchtigkeitsgehalt in der Wärmedämmung weiter erhöht.

Eine mineralische Dämmung, die solchen erhöhten Feuchtigkeitseinflüssen unterliegt, verliert schnell ihre Formbeständigkeit, ihre Faserstruktur sowie annähernd ihre komplette Dämmeigenschaft. Dies kann auch durch die Beschichtung der Wärmedämmung gegen die Aufnahme von Feuchtigkeit bzw. hydrophobierte Dämmstoffe, die durch einen physikalisch-chemischen Effekt gegen eine Wasseraufnahme stabilisiert sind, nicht völlig ausgeschlossen werden.

Über die Zeit kann eine Ansammlung an organischen Stoffen (Laub, Staub, etc.) im Bereich der horizontalen Brandsperren nicht verhindert werden. Dies verstärkt

das oben beschriebene Prinzip des nicht funktionstüchtigen Feuchtigkeitsabtransportes zusätzlich, da sich die ohnehin schon reduzierten Hinterlüftungsquerschnitte mit den organischen Materialien sukzessiv weiter zusetzen.

Durch die Verengung des Lüftungsquerschnittes entsteht ein kostenintensives Wartungsthema. Die eigentlich als positive Eigenschaft der vorgehängten hinterlüfteten Fassade angepriesene Wartungsarmut und Langlebigkeit kann somit kaum mehr sichergestellt werden.

7.2. Umlaufender Verschluss im Bereich der Leibungen

Eine weitere genannte Möglichkeit der Anordnung bestimmter Bauteile als Brandsperre ist der umlaufende Verschluss des Lüftungsspalt im Bereich der Leibungen, siehe hierzu Pkt. 3 der AV LTB (Kapitel 6.3). Dieser Verschluss muss formstabil über mindestens 30 min. sein (z. B. ≥ 1 mm Stahlblech).

Aus bauphysikalischer Sicht ist diese Variante der Ausführung von Brandsperren praxisbezogener. Auch hier sind jedoch Fragen zu stellen.

- Ist eine formstabile Ausführung für alle Leibungsbauteile gleichermaßen erforderlich?
- Müssen sowohl die vertikalen, wie auch die horizontalen Leibungen formbeständig sein?

Brandschutzrelevante Bauteile werden, bei einem Brandgeschehen, die Sturz- und Brüstungsbereiche der vorgehängten hinterlüfteten Fassade darstellen. Eine Brandausbreitung über die wesentlich schwächer beanspruchten Elemente rechts und links (vertikale Leibungen) der Öffnung ist in der Regel, auf Grund der vorgeschilderten Wärmeverteilung aus einer brennbaren Öffnung heraus, deutlich geringfügiger zu erwarten. Aufgrund der geometrischen Verhältnisse werden aber auch die Eckbereiche, zwischen seitlicher Leibung und Sturz, besonders beansprucht werden (siehe Abbildung 12). Auf die Ausführungen in diesen Bereichen ist besonders zu achten.

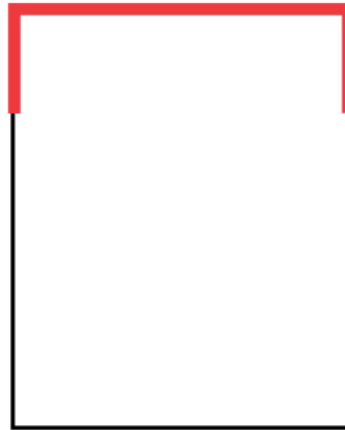


Abbildung 12 Öffnung, mit geometrisch beanspruchten Leibungsbereich

Wie schon in Abbildung 11 (Kapitel 5.2, S. 44 – *Schutzziele*) beschrieben, wird eine Brandausbreitung in das über dem Brandraum liegende Geschoss bauordnungsrechtlich toleriert. Schon eine Wirksamkeit der einzelnen Elemente, die als Brandsperre dienen (Fensterbank und Sturzbekleidung), mit einem Widerstand von jeweils nur 15 min. würden bei einer Addition der vier ausgeführten Bereiche zu einem Feuerwiderstand von insgesamt 60 min. führen (siehe Abbildung 13). Daher ist es fraglich, ob eine Ausbildung der Leibungen, mit einem angenommenen Feuerwiderstand von 30 min. (Stahlblech ≥ 1 mm), überhaupt notwendig ist oder eine Ausbildung aus einem anderen ggf. auch brennbaren Werkstoff (wie z. B. Faserzementplatten) nicht auch ausreichend wäre.

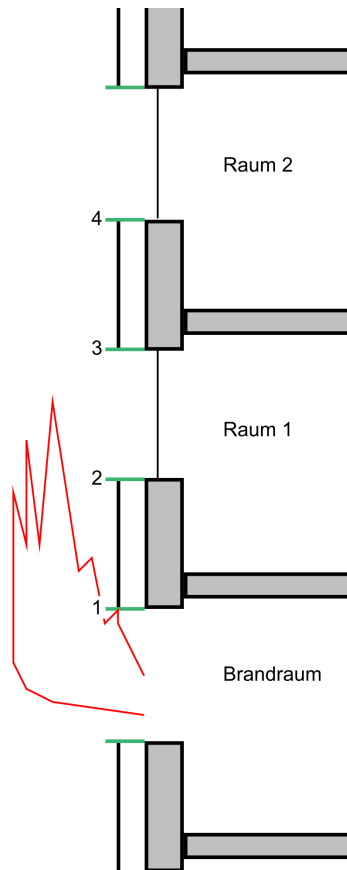


Abbildung 13 Ausbildung der Brandsperren 1 – 4
(Quelle: Thiemann und Foth 2011)

Aufgrund dieses Feuerwiderstandes, der über die Anforderungen der AV LTB hinaus reicht, sollte grundsätzlich auch über die Möglichkeit von Leibungen um die Außenwandöffnungen aus anderen Materialien, als nur aus Stahlblech mit $d \geq 1 \text{ mm}$, nachgedacht werden.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass eine vertikale Brandausbreitung in das nächste Geschoss bauordnungsrechtlich toleriert wird. Für Außenwandkonstruktionen ohne Hinterlüftung wird laut Musterbauordnung keine Anordnung von Brüstungen oder gar auskragenden Bauteilen gefordert, um eine Brandübertragung zu verringern. Wiederum fordert die Musterbauordnung Vorkehrungen gegen eine vertikale Brandausbreitung bei Konstruktionen mit einem Hinterlüftungsspalt. Es ist zu klären, ob eine vertikale Brandausbreitung im Hinterlüftungsspalt vorgehängter hinterlüfteter Fassaden bei einer praxisgerechten Ausbildung von Fensterbank und Sturz im Bereich von Außenwandöffnungen, tatsächlich zu einer Begünstigung führt oder nicht. Der hierzu durchgeführte Versuch wird in Kapitel 8.3 näher beschrieben und ausgewertet.

8. Brandversuche

Auf Grundlage der schon in den vorherigen Kapiteln kritisierten hohen Anforderungen und Bewertungen von vorgehängten hinterlüfteten Fassaden, hat die *Eternit AG* Brandversuche in Zusammenarbeit mit der *Material Prüfanstalt (MPA) Braunschweig* an zwei *Eternit* Fassaden durchführen lassen. Die dazu erstellten Protokolle wurden für diese Diplomarbeit zur Auswertung und Verwendung zur Verfügung gestellt.

Am 07.07.2011 wurde der erste Versuch in Anlehnung an den Normvorschlag DIN 4102-20 durchgeführt, am 22.08.2012 ein weiterer Versuch nach dem Normvorschlag DIN 4102-20. Die Auswertung der Brandversuche wird aus Gründen der Vollständigkeit und Verständlichkeit in dem folgenden Kapitel in umgekehrter Reihenfolge vorgenommen.

Im folgenden Kapitel bezieht sich die Verfasserin auf den Normentwurf der DIN 4102-20 sowie die Prüfberichte der durchgeführten Brandversuche der Firma *Eternit*. Es werden die wichtigsten Punkte des Versuchsaufbaus nach den Angaben des Normvorschlags beschrieben sowie die jeweiligen Aufbauten, die Durchführung der Brandversuche und die daraus resultierenden Ergebnisse vorgestellt. Die vollständigen Prüfberichte und die darin enthaltenen Diagramme befinden sich im Anhang dieser Arbeit.

8.1. Aufbau nach Normentwurf der DIN 4102-20

Der Normvorschlag DIN 4102-20 definiert ein Prüfverfahren für Bauprodukte und Bauarten, die Verwendung an bzw. auf Oberflächen von Gebäudeaußenwänden finden. Bei diesen Außenwandbekleidungssystemen ist eine rückseitige Brandbeanspruchung (Durchbrennen der raumabschließenden Wand) ausgeschlossen. Ziel dieses Prüfverfahrens ist es, herauszufinden, inwiefern die Außenwandbekleidungen zur Brandausbreitung beitragen.

Nach diesem Entwurf werden nicht nur vorgehängte hinterlüftete Fassaden geprüft, er gilt außerdem für Wärmedämm-Verbundsysteme, Vétures¹⁴ und allgemein für Außenwandbekleidungen mit geschossübergreifenden Hohlräumen, textilen Bespannungen etc.

In der nachfolgenden Betrachtung werden ausschließlich, die für diese Arbeit relevanten, Anforderungen für vorgehängte hinterlüftete Fassaden wiedergegeben und beachtet, auf die weiteren Systeme wird nicht weiter eingegangen.

Angenommenes Szenario dieser Prüfnorm soll ein modellhafter Vollbrand in einem Wohnraum sein. Nach der Brandentstehungsphase und dem darauf folgenden *flash-over* setzt der Versuchsbeginn ein. Es schlagen Flammen aus der Außenwandöffnung, hierdurch soll die Beanspruchung der Fassade durch die Flammen geprüft werden.

Wie in Abbildung 14 dargestellt, soll der Versuchstand (rot umrandet) einer Gebäudeaußenwand (linke Grafik in der Abb.) nachempfunden sein. Er ist so definiert, dass eine Brandausbreitung bis in die eigentliche Öffnung (Fenster) des zweiten Geschosses über dem Brandraum möglich wäre und bewertet werden kann.

¹⁴ Werkseitig hergestellte Verbundelemente, bestehend aus Bekleidungsmaterial und Wärmedämmstoff.

Der Versuchsstand entsprechend der oben genannten DIN aus zwei rechtwinklig, miteinander verbundenen Wänden errichtet werden, diese bilden somit eine Innenecke. Die Wände bestehen aus massiv mineralischen Baustoffen und besitzen eine Mindestdicke von 150 mm und einer Mindestrohddichte von 600 kg/m^3 .

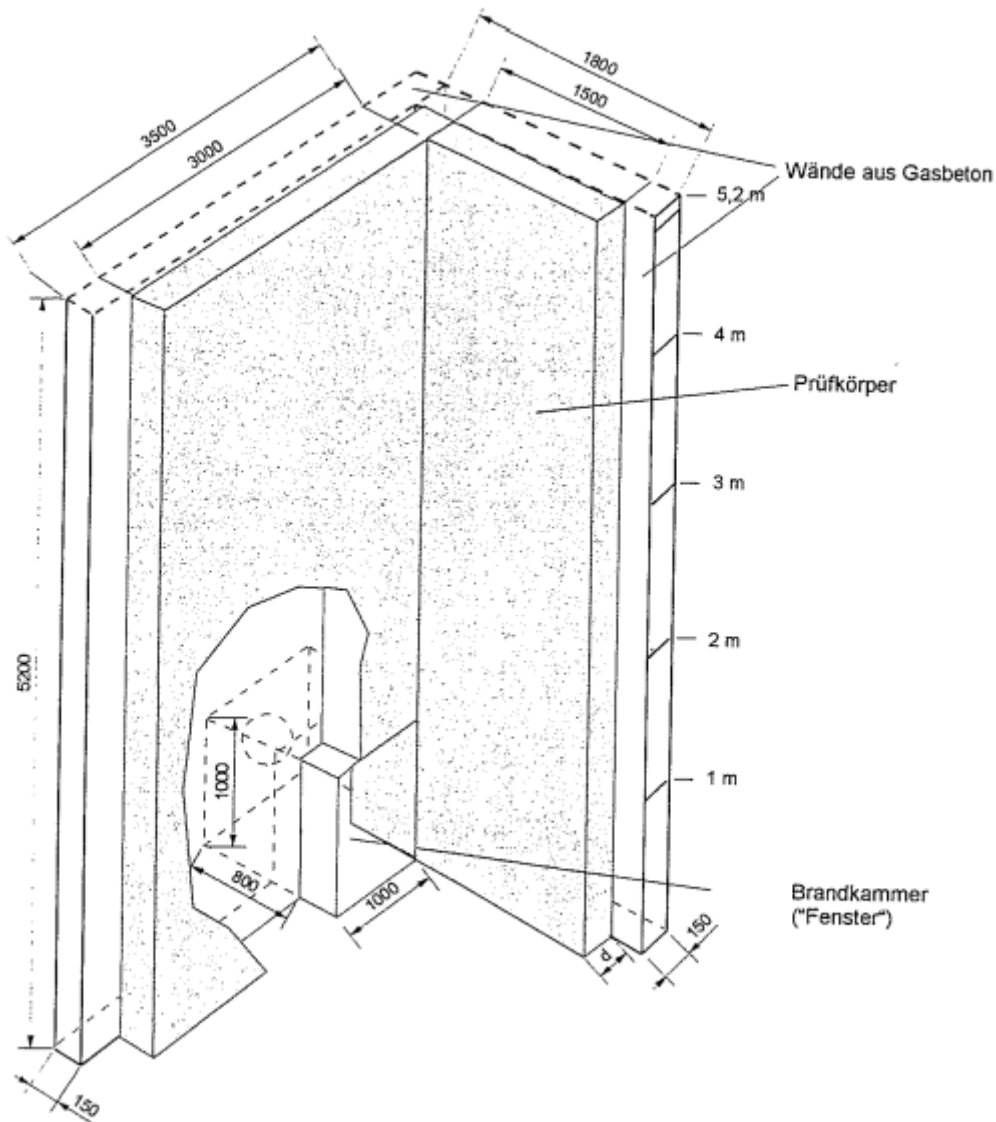


Abbildung 15: Abmessung des Prüfstandes
(Quelle: aus Anhang A, Entwurf DIN 4102-20)

Wie in Abbildung 15 gezeigt wird, weist der vorgegebene Prüfstand im Hauptschenkel mit der in der Innenecke befindlichen Brandkammer eine Mindestlänge von 2,5 m auf, der angeschlossene Nebeschenkel muss eine Mindestlänge von 1,5 m haben. Die Mindestgröße der Brandkammer beträgt 1,00 m x 1,00 m x

0,80 m (B x H x T). Die Öffnung (Fenster) der Brandkammer wird mit Stahlhohlprofilen, welche dreiseitig angeordnet sind (seitlich und oben), simuliert.

Zur Erzeugung des Prüffeuers kann ein Gasbrenner oder eine Holzkrippe gewählt werden. Ab Zündung in der Brandkammer wird das Feuer über die Rückwand mit Frischluft versorgt, was ein konstantes Feuer sicherstellen soll.

Mit der Durchführung des Brandversuches sollen Mess- und Registrierdaten zu folgenden Punkten gewonnen werden:

- Brandweiterleitung
(Temperaturmessungen und visuelle Beobachtung der Flammenhöhen sowie die Schädigungen am und im Prüfkörper)
- Abfallen und Abtropfen
(eingeteilt in brennendes und nichtbrennendes Abfallen/Abtropfen)
- Glimmen¹⁵

Die Temperaturmessung erfolgt über Thermoelemente die im Hinterlüftungsspalt, durch die Rückwand, auf einem separaten Gestell angebracht werden. Die daraus resultierenden Daten können als Diagramme ausgegeben werden und danach ausgewertet werden.

Die Versuchsdurchführung sollte bei einer Umgebungstemperatur von 5 °C bis 30 °C erfolgen. Der Versuchsbeginn startet bei Beflammung mit dem Gasbrenner ab der Zündung, bei Beflammung mit der Holzkrippe 2 min. nach der Zündung.

Die Beflammungsdauer beträgt im Allgemeinen 30 min. (bei nichtbrennbarer Außenwandbekleidung) bzw. 20 min. (bei schwerentflammbarer Außenwandbekleidung), nach dem Abstellen bzw. Ablöschen des Brandherdes folgt eine 30 minütige Beobachtungszeit. Wenn allerdings sowohl durch Temperaturmessung als auch optisch keine Branderscheinung oder Glimmen in Erscheinung tritt, wird der Versuch vor den geforderten 60 Minuten als beendet betrachtet. Damit eine Entzündung durch abfallende oder brennend abtropfende Fassadenteile nicht möglich ist, sollten diese, wenn dies ausführbar ist, entfernt werden.

¹⁵ Beim Glimmen spricht man von einer Verbrennung eines Materials im festen Zustand ohne Flammerscheinung, jedoch mit Lichtausstrahlung aus der Verbrennungszone (Prendke und Schröder 2001, S. 188f).

Jedes Brandverhalten ist unterschiedlich, was nicht ausschließlich an der Außenwandbekleidung liegt. In dem Entwurf der DIN 4102-20 wird daher darauf hingewiesen, dass auch die Beeinflussung der Form, der Masse, der Verbund mit anderen Stoffen oder Verbindungsmitteln sowie die Verarbeitungsweise und die konstruktiven Anforderungen zum Brandverhalten beitragende Faktoren sind.

Je nach Klassifizierungen der Außenwände gibt es verschiedene Bewertungskriterien der einzelnen Aufbauten und Prüfanforderungen. Auf die Bewertungskriterien für schwerentflammbare Außenwände wird in Verbindung mit den stattgefundenen Brandversuchen in den folgenden Unterkapiteln noch näher eingegangen.

Eine fachliche Herleitung der im Normentwurf beschriebenen Prüfkriterien erfolgt in der Norm selbst nicht. Auch an keiner anderen Stelle wird eine Verknüpfung bzw. ein Abgleich mit den nach dem Norm-Entwurf nachzuweisenden Kriterien und den tatsächlichen bauordnungsrechtlichen Schutzziele des Brandschutzes vorgenommen.

8.2. Durchgeführter Versuch nach Normvorschlag DIN 4102-20

Dieser von der *Eternit AG* in Auftrag gegebene Versuch nach dem im Vorangegangenen erläuterten Normentwurf wurde am 28.08.2012 in der *Material Prüfanstalt (MPA) Braunschweig* durchgeführt. Inhalt dieses Versuchs war die *Überprüfung der Brandausbreitung bei einer hinterlüfteten Vorgangsfassade der Firma Eternit* und sollte als Grundlage für eine Bewertung der Fassade als schwerentflammbare Bauart dienen.

Auf einem witterungsunabhängigen Brandprüfstand wurde von *Eternit* eine Fassadenkonstruktion auf einer hierfür errichteten Massivwandkonstruktion angebracht. Es sollte ein Vollbrand in einem Raum dargestellt werden, welcher sich in einem Gebäude mit Öffnungen befindet, um das Verhalten nach Austritt aus dem Fenster in Bezug auf die Fassade zu beobachten.

Leider ist das dazu angefertigte Protokoll des Versuches, aus Gründen die der Verfasserin nicht bekannt sind, unvollständig. So können einige Auswertungen nicht erfolgen oder es müssen Annahmen getroffen werden.

8.2.1. Aufbau des Versuchsstandes

Als Versuchsstand wurden zwei rechtwinklig zueinander angeordnete Porenbetonwände verwendet, sodass diese beiden Wände eine Innenecke bildeten. Der Versuchsstand war ca. 6,00 m hoch, der Nebenschenkel war ca. 2,00 m breit, der Hauptschenkel hatte eine Breite von ca. 3,50 m. Beide überschritten somit zulässig das Mindestmaß nach Norm. Die zu prüfende Fassadenkonstruktion wurde auf beiden Wandschenkeln angebracht. Siehe hierzu auch noch einmal Abbildung 15, S. 60. Bei dem Aufbau von *Eternit* waren lediglich die Schenkel vertauscht.

Es wurden zwei Lattungen auf dem Untergrund des Prüfstandes angebracht. Die erste Lattung wurde vertikal montiert, die zweite horizontal. Die Montage der beiden Lattungen aus Konstruktionsvollholz Fichte mit dem Profil 60 x 60 mm erfolgte über Schraubverbindungen. Zwischen der ersten und zweiten Lattung wurde Mineralfaser Steinwolle¹⁶ in gleicher Stärke befestigt.

Auf der Lattung wurde mit dem gleichen Holz die vertikale Traglattung durch Schrauben befestigt. Zum Witterungsschutz und zur optischen Aufwertung wurden diese mit einem Aluminium-Band abgedeckt. Aufgrund der Traglattung mit den Maßen 40 x 60 mm bzw. 40 x 120 mm (jeweils B x H) ergab sich ein Hinterlüftungsspalt mit einer Tiefe von ca. 40 mm.¹⁷

Die 12 mm dicken *Eternit*-Fassadentafeln (Faserzement-Platten) verfügen über ein Prüfzeugnis, dass deren Nichtbrennbarkeit nach europäischen Prüf- und Klassifizierungsnormen nachweist. Ihre Befestigung erfolgte über eine Schraubverbindung an der Unterkonstruktion. Insgesamt hatte der Aufbau eine Konstruktionshöhe von ca. 172 mm.

Der Brandraum wurde durch eine Brandkammer in der unteren Innenecke der beiden rechtwinkligen Wände nachgebildet. Die Sturz- und Leibungsbekleidung wurde ebenfalls aus einer *Eternit*-Fassadenplatte mit einem Restquerschnitt von

¹⁶ Mineralfaser Steinwolle entspricht der Brandklasse A 1, was als nichtbrennbar bezeichnet wird.

¹⁷ Die genaue Verlegung kann in dem Prüfprotokoll vom 22.08.2012 im Anhang eingesehen werden.

bis zu 10 mm (zulässige Toleranz, kann aber auch geringer sein) als Belüftungsspalt ausgeführt.¹⁸ Die Beflammung erfolgte über einen Gasbrenner, der unterhalb des Sturzes der Brandkammer angebracht wurde.

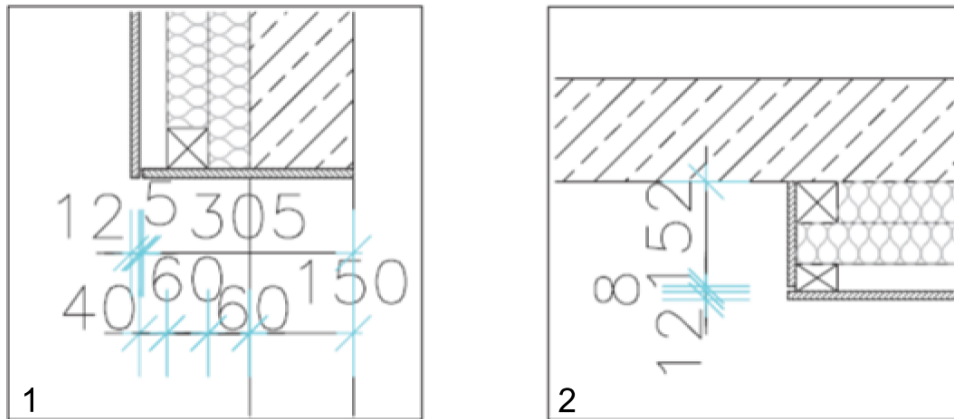


Abbildung 16 Detail Bekleidung Sturz (1) und Leibung (2)
(Quelle: Blume und Riese 2012)

Zur Erfassung der entstehenden Temperaturen und einer experimentellen Erfassung der Brandausbreitung im Hinterlüftungsspalt wurden Thermoelemente in verschiedenen Ebenen im Versuchskörper angeordnet. Die genaue Platzierung erfolgte gemäß der Norm, mit zusätzlichen Messstellen. Dem Prüfprotokoll kann die genaue Anordnung der Thermoelemente nicht entnommen werden, sodass in der folgenden Analyse eine zweckentsprechende Anordnung angenommen wird (siehe Abbildung 17). Die Datenaufzeichnung wurde während des Versuchs alle 10 Sek. automatisch durchgeführt.

8.2.2. Versuchsdurchführung

Der Versuch dauerte insgesamt 60 min., mit einer Beflammung von 20 min. und einer weiteren Beobachtung im Anschluss von 40 Minuten.

Da es sich um eine mindestens schwerentflammbare Fassadenkonstruktion handelt (aufgrund der brennbaren Unterkonstruktion in Verbindung mit der nicht-brennbaren Fassadentafel und Wärmedämmung), wird im Entwurf der DIN 4102-20 eine Beflammungsdauer von nur 20 min. vorgegeben.

¹⁸ Bei dem Sturz betrug der Restquerschnitt 5 mm, bei der Leibung 8 mm (siehe Abbildung 16).

Tabelle 6 Aufzeichnung zur Versuchsdurchführung
(Quelle: Blume und Riese 2012)

Prüfminute	Branderscheinungen / Beobachtungen
Beobachtung während der Belastung mit einem Gasbrenner über 20 Minuten (Prüfdauer)	
0:00	Start Brenner
0:49	Flammen aus dem oberen Hinterlüftungsspalt
2:06	Blasen an der Oberfläche der Eternitplatte
2:56	Flammen bis ca. 3,5 m über dem Boden
3:25	ca. 200 °C im Hinterlüftungsspalt in 4,5 m über dem Boden
5:40	Eternitplatten linke Seite Leibung im Bereich des Brenners bricht
10:46	ca. 300 °C im Hinterlüftungsspalt in 4,5 m über dem Boden
11:06	Platten im Stoß über dem Sturz brechen
12:00	Knackgeräusche deuten auf mit brennendes Holz, starker Anstieg der Temperaturen im Hinterlüftungsspalt
16:24	Flammen in der Ecke der Fassade in ca. 4,5 m über dem Boden, über ca. 20 sec anhaltend
18:04	Über 350 °C an mehreren Fühlern im Hinterlüftungsspalt in 4,5 m über dem Boden
20:00	Brenner aus
Allgemeine Beurteilung während der Prüfdauer	
Rauch	mäßig
Brennendes Abtropfen bzw. brennendes Abfallen	nein
Besonderheiten	keine
Beobachtung im Anschluss an die Belastung durch einen Brenner (20. bis 60. Minute)	
	Herabnahme der unteren Platten und Löschen des Versuchskörpers

8.2.3. Brand- und Temperaturentwicklung

Nach den Diagrammen der Messstellen sind sowohl im Hinterlüftungsspalt als auch vor der Fassade, egal in welcher Höhe, an den Messstellen M3, M4 und M5 die mit Abstand, je Messhöhe, höchsten Temperaturen vorzufinden. Es wird angenommen, dass dies die Messstellen sind, die sich in nächster Nähe zu der Innenecke und über der Brandkammer befanden.



Abbildung 17 Nummerierung der Messstellen nach Feldern
(Quelle: Blume und Riese 2012, geändert)

Messstelle M3 war der, vom Nebenschenkel aus gesehen, der Innenecke am nächsten gelegene Messpunkt. M4 lag auf dem Hauptschenkel und war auch der Innenecke am nächsten. Darauf folgend Richtung rechter Außenkante befand sich die Messstelle M5, die somit noch in vertikaler Achse des Brenners lag. Die weiteren fünf Messstellen lagen am Außenende des Nebenchenkels oder hinter Messstelle M5 und waren an diesen Orten der Beflammung nicht so stark ausgesetzt.

Nach nur 49 Sek. schlugen aus dem Hinterlüftungsspalt in 6,00 m Höhe an der Oberkante des Prüfkörpers Flammen heraus, jedoch nur für eine sehr kurze Zeitspanne. Gemäß Norm-Entwurf sind zu keinem Zeitpunkt Flammen an der Oberkante, auch wenn die fachliche Begründung dafür fehlt, geduldet und der Versuch hätte abgebrochen werden müssen. Die kurze Zeitspanne direkt nach Entzündung ließ jedoch vermuten, dass durch die Ansteuerung des Brenners (erst Gas, dann Luft) eine Zündung der dadurch bereits im Hinterlüftungsspalt befindlichen Gase erfolgte und der Versuch wurde weitergeführt.

Die Temperaturen wurden gemäß des DIN-Entwurfes in einer Höhe von 4,50 m über dem Boden, bzw. 3,50 m über dem Sturz der Brandkammer gemessen. In dieser Messhöhe wurden im Hinterlüftungsspalt Temperaturen bis knapp über 800 °C an den Messstellen M3, M4 und M5 gemessen. Vor der Fassade herrschten in diesem Bereich maximale Temperaturen von ca. 380 °C. An den anderen Messpunkten, die nicht in der Nähe der Innenecke oder vertikal über der Brandkammer lagen, wurden maximale Temperaturen von ca. 100 °C erfasst, auf der Oberfläche der Außenwandbekleidung maximal ca. 130 °C.

Nach knapp 6 min. brach die Leibung auf der linken Seite im Bereich des Brenners, dies war der Beginn der unmittelbaren Beeinflussung des Systems durch Flammen. Der Auslöser hierfür ist unbekannt, es kann sowohl die Brandeinwirkung auf die Platte an sich aber auch eine nicht korrekte Ausführung der Konstruktion oder Kombination beider Gründe ursächlich sein. Ab diesem Zeitpunkt konnte der Brand in den Hinterlüftungsspalt eindringen und sich, durch die für ihn günstige Thermik, weiter ausbreiten. Die Temperaturen im Hinterlüftungsspalt stiegen konstant an und lagen in der Höhe von 4,50 m über dem Boden nach knapp 11 min. bei ca. 300 °C.

Nach gut 11 min. brachen die Fassadenplatten im Sturzbereich über dem Brenner, woraufhin die Temperaturen an den Sturzmessstellen stark sanken. Dies lässt darauf schließen, dass die Sturzplatten und die Thermoelemente abgefallen und abgekühlt waren. Nicht einmal eine Minute später wurden Knackgeräusche wahrgenommen, was auf einen Mitbrand der Unterkonstruktion schließen ließ und durch die, ab dieser Zeit, stark ansteigenden Temperaturen belegt wurde. Gerade im Bereich der Innenecke des Prüfstandes war ein schneller Anstieg zu verzeichnen. Nach ca. 16 min. wurden über 20 Sek. anhaltende Flammen in der

Innenecke der Fassade auf einer Höhe von 4,50 m über dem Boden dokumentiert. Gemäß Bewertungskriterien des Norm-Entwurfes sind permanente, kontinuierliche Flammen erst nach 30 Sek. in dieser Höhe kritisch, was dann zu einem Abbruch des Versuches führen würde. Die dadurch gesetzte Grenze wurde mit den gemessenen 20 Sek. also nicht überschritten.

8.2.4. Ergebnisse aus dem Brandversuch

Aus Sicht des Herstellers können die Ergebnisse aus diesem Versuch nicht zur Zufriedenheit geführt haben. Der Brand konnte die im System schwerentflammbare Fassade entzünden und letztlich so beschädigen, dass der weitere Verlauf des Versuches nur noch von dem nun ungehinderten Einbrand in den Hinterlüftungsspalt gesteuert wurde. Besonders die Innenecke wurde stark in Mitleidenenschaft gezogen und die Unterkonstruktion entflammte vollständig.

Den Bewertungskriterien des Norm-Entwurfes nach, ist dieser Versuch nicht wirklich moderat ausgefallen. Die Fassadenplatten wurden über die 3,50 m hinaus beschädigt und ab der ca. 17. Minute wurden Temperaturen über 500 °C an Messstelle M3 aufgezeichnet. Die Flammen hielten sich noch im zugelassenen Bereich, sie wurden für 20 Sek. in der Fassadenecke bei einer Höhe von 3,50 m über der Brandkammer verzeichnet.

8.3. Weiterer Versuch in Anlehnung an DIN 4102-20

Dieser Versuch wurde am 22.09.2011 lediglich in Anlehnung an den Entwurf der DIN 4102-20 durchgeführt. Auftraggeber war, wie schon beim vorherig beschriebenen Versuch, *Eternit* und die Durchführung erfolgte auch hierbei in der *MPA Braunschweig*. Inhalt der Prüfung war nochmals die *Überprüfung der Brandausbreitung bei einer hinterlüfteten Vorhangfassade der Firma Eternit*. Zu untersuchen war die Temperatur- und Brandausbreitung an der Fassade.

Im Unterschied zu dem vorher beschriebenen Versuch nach den Vorgaben der Norm, wurde bei diesem Prüfstand die Fassade praxisgerecht als Lochfassade mit Öffnungen (F1 und F2 siehe Abbildung 19, S. 71) errichtet. Des Weiteren

wurde nur eine Konterlattung ausgeführt und die Fassadentafeln hatten eine geringere Stärke als im vorherigen Versuch. Dieser Versuchsaufbau entsprach einem realen Gebäudeaufbau in größeren Maße als der vorherige Versuch.

8.3.1. Aufbau des Versuchsstandes

Der Unterbau unterschied sich nicht vom vorherigen Versuch. Der Versuchsaufbau erfolgte auf zwei Porenbetonwänden, die durch ihre rechtwinklige Aufstellung eine Innenecke bildeten und ca. 6,00 m hoch waren. Der Hauptschenkel hatte eine Länge von ca. 3,60 m, wobei die Konstruktion nur über ca. 3,00 m ausgeführt wurde und sich auch lediglich auf den Hauptschenkel bezog.

Die Lattung bestand im Gegensatz zum vorherigen Versuch nur aus einer horizontalen Lattung, wieder aus einem Konstruktionsvollholz Fichte mit einem Profil von 60 x 80 mm (B x H). Die Verankerung auf der Porenbetonwand erfolgte über eine Schraubverbindung. Auch die vertikale Traglattung war aus dem gleichen Holz mit gleichem Profil. Wie auch bei dem vorherigen Versuch wurde die Traglattung mit Aluminiumband abgedeckt.

Zwischen die Lattung wurde wieder Mineralfaser Steinwolle verlegt, ebenso zwischen die Traglattung. Zwischen der 80 mm tiefen Traglattung wurde der Dämmstoff mit einer Dicke von 60 mm verlegt, sodass über die komplette Fassade ein vertikaler Hinterlüftungsspalt von 20 mm entstand. Über Verschraubungen wurden die 8 mm starken *Eternit*-Faserzementtafeln an der Traglattung angebracht. Insgesamt hatte der Aufbau auf dem Verankerungsgrund eine Konstruktionshöhe von 168 mm. Auch bei diesem Aufbau entstanden Restquerschnitte im Bereich der Tafelstöße bei Sturz, Brüstung und Leibung. Die Detailansicht für diese Bereiche kann der Abbildung 18 entnommen werden.

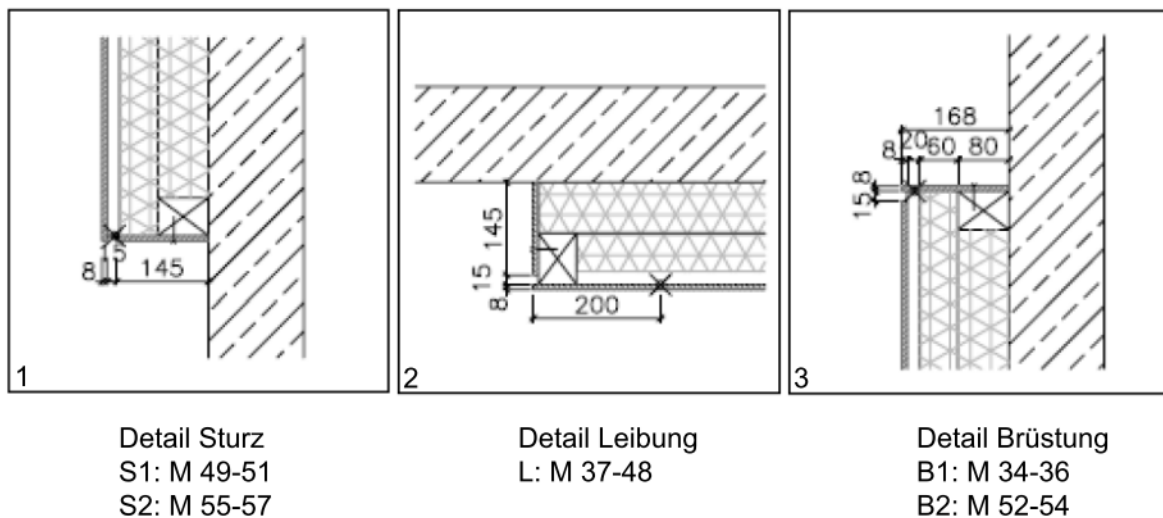


Abbildung 18 Details der Aufbauten von Sturz, Leibung, Brüstung
(Quelle: Blume und Riese 2011)

Die Brandkammer wurde normgerecht in der Innenecke des Hauptschenkels ausgebildet.

Der Aufbau entsprach beispielhaft einer Lochfassade mit einer vorgehängten hinterlüfteten Fassadenbekleidung. Abweichend von dem Entwurf der DIN 4102-20 wurden, wie in Abbildung 19 dargestellt, die Öffnungen (F) in der Fassade bei diesem Prüfstand mit ausgebildet und die jeweiligen Brüstungen (B), Stürze (S) und Leibung (L) mit *Eternit*-Fassadentafeln verkleidet.

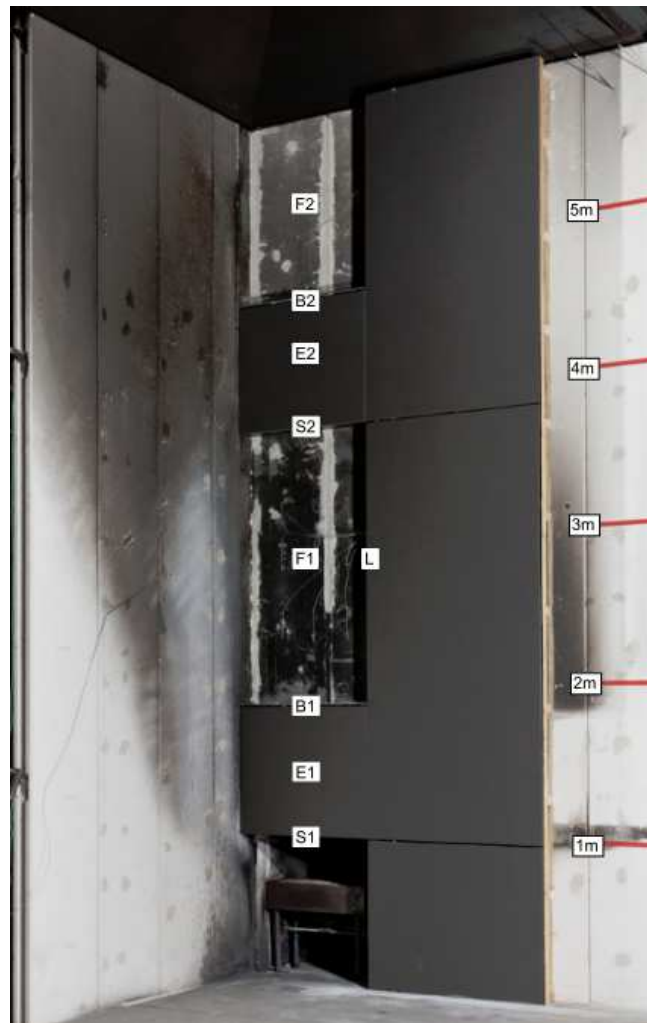


Abbildung 19 Aufbau Versuchsstand mit der Benennung der einzelnen Felder
(Quelle: Blume und Riese 2011, geändert)

8.3.2. Versuchsdurchführung

Der Versuch dauerte insgesamt 60 min., wobei die Befeuerung des Prüfstandes von 30 min. selbst gewählt wurde, notwendig wären aufgrund der schwerentflammbaren Konstruktion nur 20 min. gewesen. Anschließend erfolgte noch eine Beobachtungszeit nach der Beflammung von 30 Minuten.

Tabelle 7 Aufzeichnung zur Versuchsdurchführung
(Quelle: Blume und Riese 2011)

Prüfminute	Branderscheinungen / Beobachtungen
Beobachtung während der Belastung mit einem Gasbrenner über 30 min. (Prüfdauer)	
0:00	Start Brenner
1:00	Rauchentwicklung, Knistern
2:10	Blasen an der Oberfläche der Eternitplatte
3:06	Flammen bis ca. 3 m über Sturz
6:33	Mitbrand der Beschichtung erkennbar
7:53	Flammen am oberen Lüftungsschlitz B1, Mitbrand Lattung / Konterlattung
11:00	Riss der Eternitplatte Feld E1 oben links
11:14	Aluminium tropft (nicht brennend) ab
15:54	Mitbrand Lattung zunehmend bei Feld E1
21:05	Brandverlauf relativ konstant
26:26	Sturz S1 fällt ab
30:00	Brenner aus
Allgemeine Beurteilungen während der Prüfdauer	
Rauch	mäßig
Brennendes Abtropfen bzw. Brennendes Abfallen	nein *)
Besonderheiten	keine
Beobachtung im Anschluss an die Belastung durch einen Brenner (30. Bis 60. Minute)	
34:30	Flammen im Bereich E1 / B1 nur noch temporär
46:47	Herabfallen der Fassadenplatte oberhalb des Brenners
*) Das abtropfende Aluminium konnte am Boden Reste einer Polystyrol Hartschaumkruste in Brand setzen, die aber kein Einfluss auf den Brandverlauf hatte	

8.3.3. Brand- und Temperaturentwicklung

Zur bildlichen Vorstellung und besseren Einordnung der Messpunkte wird an dieser Stelle die Ansicht der im Versuchsprotokoll vermassten Thermoelemente eingefügt. Die Nummerierung wird in der folgenden Beschreibung beibehalten.

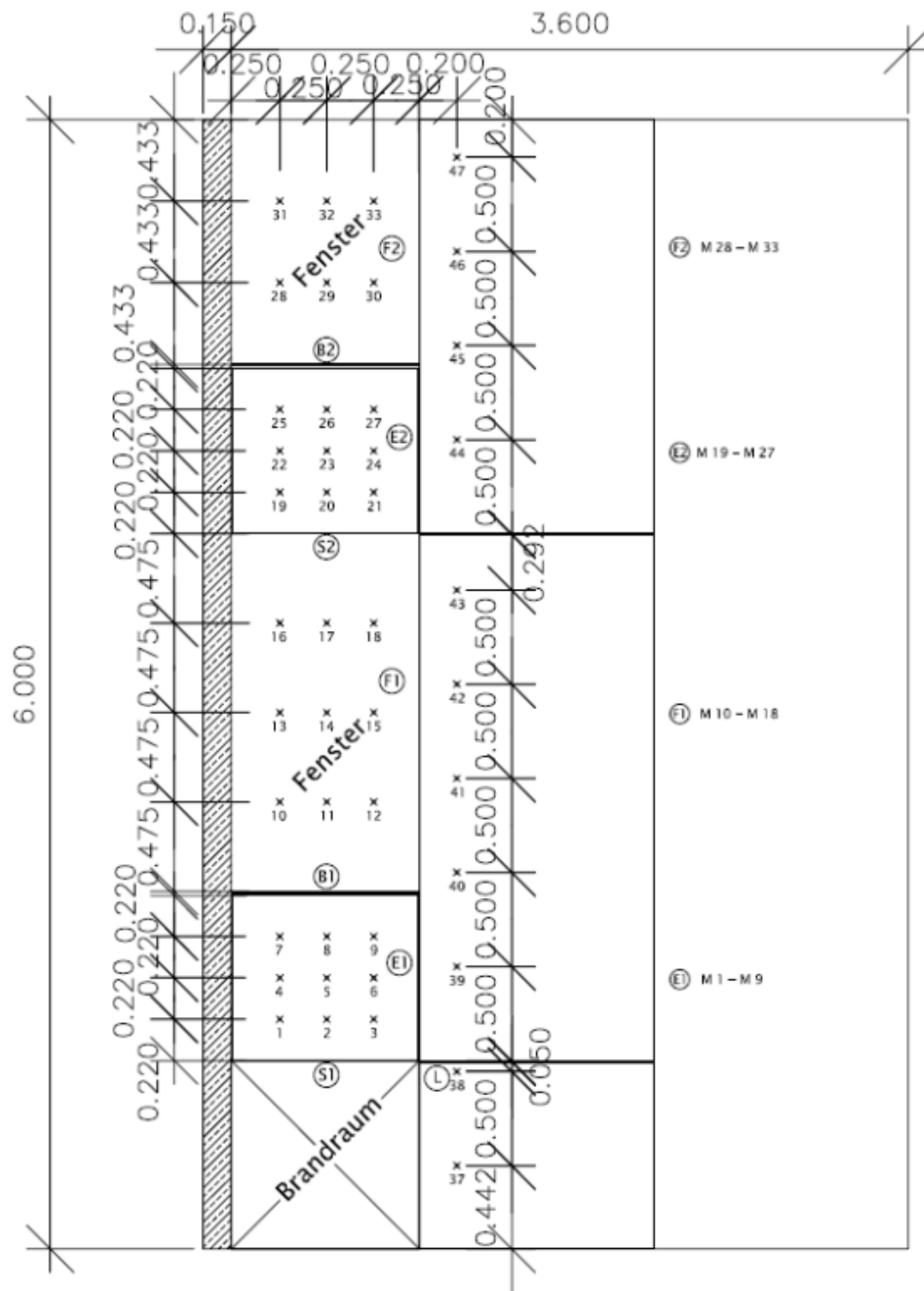


Abbildung 20 Wandansicht mit Nummerierung der Messfühler
(Quelle: Blume und Riese 2011)

Allgemein ist festzuhalten, dass die Messstellen in der Innenecke über dem ersten Feld mit *Eternit*-Fassadenplatte, in den jeweiligen darauffolgenden Feldern, die höchsten Temperaturen aufgewiesen haben. Wie auch schon bei dem anderen Versuch zu erkennen war, entstand in der Innenecke eine für die Flammen geometrisch günstige Situation. Auch die Wärmeableitung wurde durch die Innenecke beeinflusst. Die Flammen zogen regelrecht in die Innenecke und stiegen dort sowohl weiter als auch heißer nach oben als bei den anderen Messstellen und Elementen in den jeweiligen Feldern.

Im folgenden Abschnitt werden die Diagramme der Versuchsdurchführung beschrieben und analysiert.

Die höchsten Temperaturen bei diesem Versuch, abgesehen von der Temperatur in der Brennerflamme, stellten sich im Feld E1 direkt über der Brandkammer ein. Die Messstellen befanden sich hier direkt unter der Oberfläche der Fassadentafel. Die maximalen Temperaturen von knapp über 1000 °C wurden am Versuchsende nach ca. 27 min. gemessen. Konstante Temperaturen von ca. 700 °C bis ca. 900 °C stellten sich nach rund 10 min. ein, was auf einen kontinuierlichen Mitbrand der Lattung deutete. Nach 11 min. riss die Fassadentafel in der linken, oberen Ecke des Feldes E1.

An den im Feld rechts befindlichen Messstellen (M3, M6 und M9) wurden die höchsten Temperaturen erreicht. Sie erreichten ca. 200 °C mehr als die sechs weiteren Messstellen in diesem Feld. Der weitere Temperaturanstieg bei allen im Feld befindlichen Messstellen, ab der 27. Minute lässt auf eine flächige Entzündung der Lattung im Feld E1 schließen.

Im Bereich des Sturzes (S1) und der Brüstung (B1) erreichten die Temperaturen ähnlich wie bei Feld E1 nach rund 10 min. 700 °C bis 900 °C. Auch hier stiegen die Temperaturen ab der 27. Minute auf 900 °C bis 1050 °C an. Nach rund 8 min. kam es zum Mitbrand der Lattung und es wurden Flammen am oberen Lüftungsschlitz B1 notiert. In der 26. Minute fiel der Sturz S1 ab.

Die Messstellen im Feld F1 zeigten im Bereich direkt über der Brüstung Temperaturen zwischen knapp 700 °C und ca. 380 °C an. Hier waren die Temperaturen der jeweiligen Messreihe immer in der Innenecke am heißesten. Die Temperaturen in diesem Feld hielten sich relativ konstant und verzeichneten keine starken

Anstiege oder Abfälle. An den Messpunkten unter dem Sturz S2 wurden höchstens noch 280 °C gemessen.

Die Temperaturen an Sturz S2 stiegen von Beginn kontinuierlich an und erreichten bei Abschaltung des Brenners ihren höchsten Messwert mit ca. 240 °C, ca. 260 °C und knapp 300 °C. Diese Temperaturstaffelung stellte sich von der rechten zur linken Sturzseite ein.

Die Bewertungskriterien nach Entwurf der DIN werden für schwerentflammbare Außenwandbekleidungen bei einer Höhe von 3,50 m oberhalb der Unterkante des Brandkammersturzes bzw. 4,50 m über dem Boden festgelegt. Bei diesem Versuchsaufbau lagen die zur Bewertung relevanten Messstellen im oberen Bereich des Feldes E2.

Im Feld E2 wurden noch Temperaturen von 180 °C bis 280 °C erreicht. Auch hier befanden sich die maximalen Feldtemperaturen wieder an den Messstellen, die am nächsten an der Innenecke lagen. Die Temperaturen der Messstellen in Richtung Leibung lagen bei maximal 230 °C direkt über S2.

Zu keinem Zeitpunkt waren in einer Höhe von 3,50 m bzw. 4,50 m Temperaturen über die nach Norm-Entwurf definierte Grenze von 500 °C zu verzeichnen. Auch die nicht tolerierte permanente, kontinuierliche Flammenbildung über eine Dauer von 30 Sek. in der Höhe trat zu keinem Zeitpunkt auf.

In der zweiten Öffnung (F2) stellten sich Temperaturen an der Messstelle M28 bis maximal 220 °C ein. Diese Messstelle in der unteren linken Ecke der Öffnung lag ebenfalls im Bereich der Innenecke und der damit verbundenen höheren Belastung. In der rechten oberen Ecke stellten sich maximale Temperaturen von ca. 150 °C ein.

Gemäß Entwurf der Norm dürfen Schädigungen des Prüfkörpers weder im Inneren noch an der Oberfläche oberhalb von 3,50 m auftreten. Auf Abbildung 21 ist zu erkennen, dass bei der Tafel E2 die Oberfläche über der Öffnung auf Seite der Innenecke höheren Temperaturen ausgesetzt war und sich Blasen gebildet haben. Diese Erscheinungen reichen bis zu einer Höhe von ca. 4,00 m. Das Diagramm der Thermoelemente zeigt, dass die Temperaturen in diesem Feld nach ca. 20 min. an Messstelle 19 über 250 °C anstiegen. Es ist daraus zu schließen, dass lediglich die Beschichtung der Fassadentafel auf die Temperaturen reagiert,

von einer wirklichen Schädigung, die die Standsicherheit der Fassadentafel reduziert, kann nicht ausgegangen werden.

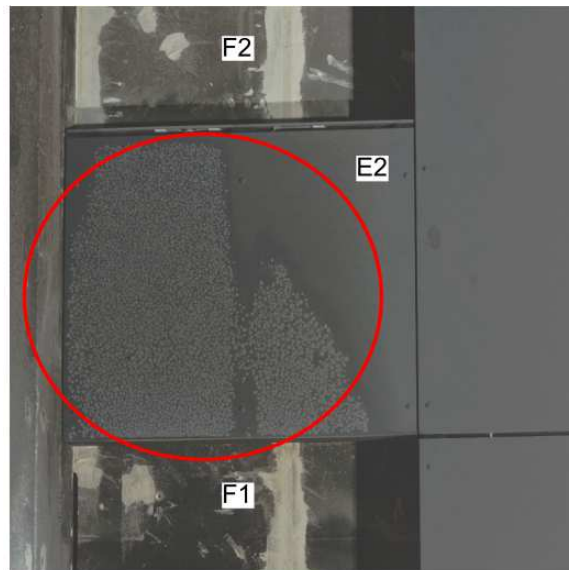


Abbildung 21 Schädigung der Tafeloberfläche von Feld E2
(Quelle: Eternit Bilder 2011, geändert)

Im Bereich der Leibung traten die niedrigsten Temperaturen aller Messstellen auf. Selbst neben dem Fassadenelement E1 stellten sich maximalen Temperaturen von gerade einmal knapp 95 °C ein. Im Leibungsbereich neben der zweiten Öffnung wurden nach der stetigen Entwicklung des Brandes beim Abschalten des Brenners maximal 55 °C gemessen.

Nach Abschaltung des Brenners kam es zu keinen weiteren Brandereignissen, nach knapp 35 min. waren Flammen nur noch temporär im Bereich des Feldes E1 und B1 erkennbar. Gemäß den Diagrammen der einzelnen Messstellen fiel an allen Messpunkten die Temperatur während der 30 minütigen Beobachtungszeit stetig. In der 46. Minute fiel die stark beanspruchte Fassadenplatte des Feldes E1 ab.

8.3.4. Ergebnisse aus dem Brandversuch

Dieser Versuch war aus Sicht des Herstellers deutlich positiver zu bewerten als der Vorherige. Der simulierte Brand am Prüfkörper mit einer hinterlüfteten Vorhangfassade von *Eternit* erfolgte ohne einschlägige Vorkommnisse, obwohl die Beflammungsdauer um 10 min. verlängert wurde.

Eine wichtige Schlussfolgerung, die aus diesem Versuch gewonnen werden kann, ist, dass sich im Bereich des Hinterlüftungspaltes, der gemäß § 28 MBO als geschossübergreifender Hohlraum besonderer Vorkehrungen gegen eine Brandausbreitung bedarf, keine höheren Temperaturen als vor der Fassadenbekleidung einstellen. Eine rasantere Brandausbreitung wird durch den Hinterlüftungsspalt nicht begünstigt.

Die Bewertungskriterien des Norm-Entwurfes wurden eingehalten, es kam zu keinen Schädigungen vor oder hinter der Fassadenbekleidung über der Grenzhöhe von 3,50 m oberhalb des Sturzes der Brandkammer, auch wurden hier zu keinem Zeitpunkt Temperaturen nah des Grenzwertes von 500 °C erreicht. Auch kontinuierliche Flammen wurden nicht festgestellt.

Es handelte sich um einen weitestgehend konstanten Brandverlauf. Besonders positiv ist die geringe Temperaturentwicklung im Bereich der Leibungen über die komplette Höhe aufgefallen. Dies bestätigt die Annahme, dass die Ausbildung der Leibungen auch anders als ausschließlich aus Stahlblech $d \geq 1$ mm möglich ist. Die Bekleidung der brennbaren, hölzernen Unterkonstruktion an den Leibungs- und Fassadenflächen aus nichtbrennbaren Faserzementplatten, in Verbindung mit einer nichtbrennbaren Dämmung, wie in diesem Versuchsaufbau ausgeführt, hält die Flammen vor der horizontalen Ausbreitung ebenfalls ab.

Wie sehr deutlich aus den Bildern des Prüfprotokolls nach Abnahme der Fassadenplatten hervorgeht, erfolgte ein Mitbrand der Unterkonstruktion ausschließlich in Feld E1. Die vertikale Traglattung direkt neben der Leibung im Bereich der Brandkammer und neben Feld E1 weist geringe Beflammungserscheinungen auf. An der Unterkonstruktion des Feldes E2 sind in keinem Bereich Spuren der Beflammung erkennbar.

Eine Brandübertragung in das zweite Geschoss wurde über die vorgehängte hinterlüftete Fassade nicht begünstigt, da die Sturz- und Brüstungsbekleidungen einer Weiterleitung im Hinterlüftungsspalt entgegen wirkten.

8.4. Vergleich der Versuche

Beide Versuche wurden mit den gleichen Werkstoffen ausgeführt. Lediglich die Stärken der verwendeten Materialien unterschieden sich sowie die konstruktive Ausführung der Prüfstände.

Der Verankerungsuntergrund bestand bei beiden Aufbauten aus Porenbeton. Die verwendete Wärmedämmung aus Mineralfaser Steinwolle, die auf dem Untergrund zwischen der Konterlattung befestigt wurde, entsprach, wie nach AV LTB gefordert, der Klassifizierung nichtbrennbar. An der verwendeten Wärmedämmung konnten während und nach dem Brandversuch keine einschlägigen Veränderungen festgestellt werden.

Auch die Unterkonstruktion aus Konstruktionsvollholz Fichte war in beiden Versuchsaufbauten verwendet worden, allerdings mit unterschiedlichen Profilen. Die Fassadentafeln waren aus den gleichen Material, bei dem zuerst beschriebenen Versuch nach DIN wurde eine 12 mm starke Tafel verwendet, beim zweiten Versuch in Anlehnung eine 8 mm starke Fassadentafel. Die Platte als solches besteht aus nichtbrennbaren Baustoffen, aufgrund der Verwendung auf einer Holzunterkonstruktion entspricht sie mindestens der Klassifizierung schwerentflammbar. Die Beflammungszeit hätte in beiden Versuchen mit 20 min. ausgereicht, die durchgeführten 30 min. bei dem Versuch in Anlehnung an die Norm wurde von *Eternit* selbst gewählt.

In beiden Versuchsdurchführungen war deutlich zu erkennen, dass der Brand aus der Brandkammer in die Innenecke zog und dort, aufgrund der geometrisch besonders beanspruchten Situation eine besondere Stärke hatte.

Die Brandausbreitung über den seitlichen Leibungsbereich war in beiden Fällen relativ unspektakulär. Es kam in diesen Bereichen zu keinen seitlichen Ausbrüchen oder unerwartet hohen Temperaturen. Die Flammen zogen weitestgehend komplett in die Innenecke oder vertikal nach oben.

Der erste Versuch aus Kapitel 8.2 ist trotz stärkerer Fassadentafeln und nur 20 minütiger Beflammungszeit ungünstiger für die Fassadenkonstruktion ausgefallen als der Versuch aus Kapitel 8.3. Obwohl der Versuch nach Norm-Entwurf die massivere Plattenstärke aufwies, hat hier ein schnelleres Versagen der Fas-

sadenplatte stattgefunden. Dies kann begrenzt durch die Plattenmontage aufgetreten sein. Werden diese zu stark befestigt, kann es durch die Brandwärme zu Spannungen kommen, die durch fehlende Gleitpunkte nicht ausgeglichen werden können. Bei dem Versuch in Anlehnung an den Norm-Entwurf hielten die Fassadentafeln der Brandbeanspruchung besser stand. Wesentlich war, dass die Ausbildung mit Öffnungen und den zusätzlichen Bekleidungen im Sturz und Brüstungsbereich auch günstiger für die Belastung der Platten war.

Die gemessenen Temperaturen im Hinterlüftungsspalt waren bei dem Versuch mit Öffnungen weitestgehend gleichbleibend zu den Temperaturen, die vor der Fassade gemessen wurden. Bei dem Versuch nach Normaufbau waren die Temperaturen, die im Hinterlüftungsspalt erreicht wurden, zum Teil mehr als doppelt so hoch wie die vor der Fassade gemessenen Temperaturen.

9. Vorschläge der Verbesserung

Anhand der durchgeführten Brandversuche und den daraus hervorgegangenen Erkenntnissen (Kapitel 8) zu den Systemen der vorgehängten hinterlüfteten Fassaden und der vorangegangenen Betrachtung der Anforderungen, sollen in diesem Kapitel Vorschläge gemacht werden, die eine Verbesserung aber auch Vereinfachung in Hinblick auf die Verwendung und Wirtschaftlichkeit von vorgehängten hinterlüfteten Fassaden darstellen.

9.1. Praxisgerechter Versuchsaufbau

Wie in dem Brandversuch von *Eternit*, der nur in Anlehnung an die Norm erfolgte, sollte das Prüfscenario realitätsnäher ausgeführt werden (siehe Abbildung 22). Die Anordnung von Öffnungen, eine praxisgerechte und gegenüber der Norm vereinfachte Konstruktion, hatten keine negativen Auswirkungen auf die Brandausbreitung. Dieser Versuchsaufbau entsprach den realen Gebäudesituationen und simulierte besser die zu beurteilende Gefahr der geschossweisen Brandübertragung. Es wurde gezeigt, dass die Bekleidung des Sturz-, Brüstungs- und Leibungsbereiches auch dann durchaus ein ausreichender Schutz gegen eine befürchtete Brandausbreitung im Hinterlüftungsspalt sein kann, wenn sie nicht entsprechend der Vorschläge aus der Musterliste der Technischen Baubestimmungen ausgeführt ist.

Wie in Abbildung 22 deutlich erkennbar ist, ist der Versuch in Anlehnung des Prüfstandes wesentlich praxisnäher und kommt einer vereinfachten Darstellung der Lochfassade nah.

Sollte es bei einer, wie in Abbildung 22 stark vereinfacht dargestellten, Lochfassade zu einem Einbrand in den Hinterlüftungsspalt kommen (rote Linie), kann nicht grundsätzlich von einer verstärkten Gefahr für die darüber liegenden Geschosse ausgegangen werden. Auf Grund der im Hinterlüftungsspalt herrschenden Luftzirkulation (Kamineffekt), kann davon ausgegangen werden, dass das Feuer im direkten Weg vertikal nach oben zieht. Es ist aufgrund des seitlichen Temperaturverlaufes nicht anzunehmen, dass der Brand horizontal ausbricht und

es im Leibungsbereich zu einem erneuten Brandüberschlag in die folgenden Öffnungen oberhalb von dem Brandraum kommt. Es ist zu prüfen, ob und wenn ja mit welcher Energie und Temperatur die Flammen am obersten Punkt der Fassade austreten. Die Konstruktion und der Anschluss des Daches sind in jedem Fall besonders zu betrachten. Es muss vermieden werden, dass sich Dachkonstruktion oder Dachstuhl am Ende des möglichen Übertragungsweges am Brandgeschehen beteiligen.

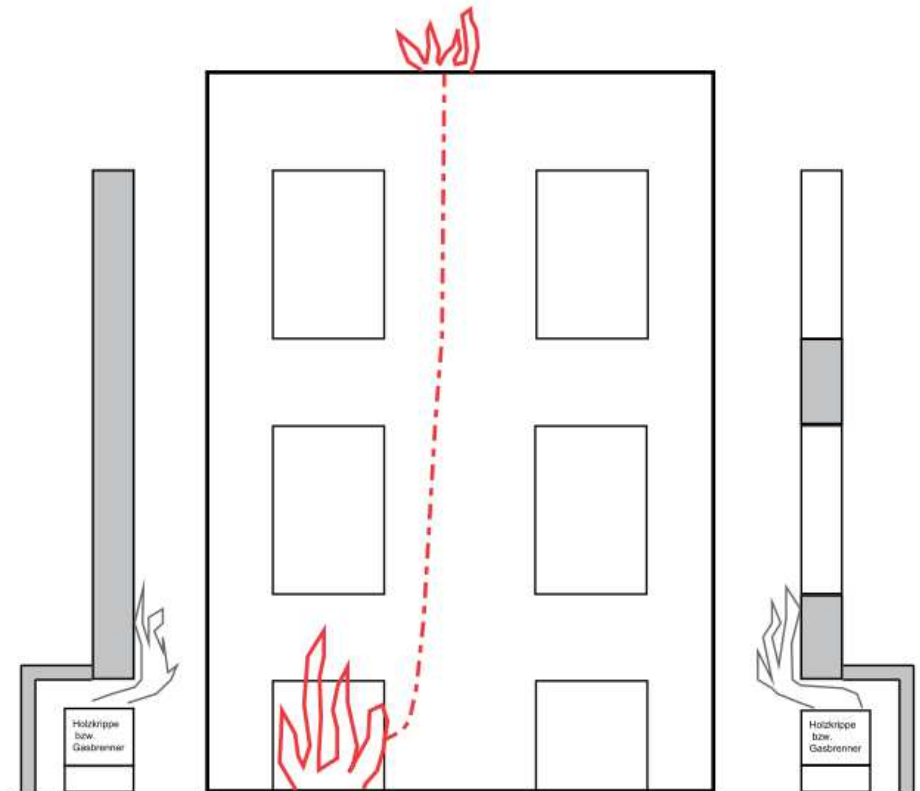


Abbildung 22 Darstellung Lochfassade mit Prüfstand und angelehnten Prüfstand

Bei Konstruktionen die, wie im Normaufbau der DIN 4102-20 aufgeführt, über mehrere Meter keine in der vertikalen Achse befindlichen Öffnungen über dem Brandraum aufweisen, sollte auch hier abgewogen werden, ob eine mögliche Brandausbreitung in diesem Bereich wirklich kritisch zu betrachten ist. Hierzu wäre eine nochmalige Abwägung unter der Würdigung der bauordnungsrechtlichen aufgegebenen Schutzziele, Behinderung der Brandausbreitung, Ermöglichung der Personenrettung und Durchführung wirksamer Löscharbeiten, angeraten.

Die generelle Anordnung der Brandkammer im Prüfstand, direkt in der Innenecke, ist ein praxisferner Sonderfall, der in der Realität wohl kaum Verwendung finden würde.

9.2. Konstruktive Veränderungen

Eine, mit der jetzigen Norm konforme, Ausbildung des Leibungsbereiches rund um die Öffnung aus Stahlblech mit einer Stärke ≥ 1 mm scheint dem Schutzziel nicht pauschal angemessen zu sein. Wie schon im vorherigen Kapitel angedacht, sollte über eine Prüfung der Ausführungen und Verwendung von anderen, unter bestimmten Voraussetzungen auch von brennbaren Materialien im Leibungsbereich, nachgedacht werden.

Wie in dem Versuch deutlich wurde, kann bereits die Anordnung einer handwerklichen Unterkonstruktion aus (durchgehenden) Holzprofilen ausreichender Stärke im Bereich von Außenwandöffnungen, zur nachfolgenden Befestigung der eigentlichen Leibungsbekleidung, ausreichend sein. Sie schützt durch die umfassende Fassadenkonstruktion den Hinterlüftungsspalt ausreichend lange (sowohl horizontal als auch vertikal) vor einem Einbrand und hat auch aus bauphysikalischer Sicht eine neutrale Wirkung auf die Funktionsweise der vorgehängten hinterlüfteten Fassade. Die Anordnungen von durchlaufenden Fugen mit einer Breite von ca. 15 mm, zur Hinterlüftung im Sturzbereich und an der Fensterbank, bleiben dabei brandschutztechnisch ohne gravierenden negativen Einfluss.

Diese Anordnung sollte, mit normierten, angemessenen Mindestprofilstärken als „besondere“ Vorkehrung gegen eine Brandausbreitung im Hinterlüftungsspalt und gültige Ausführung in die Musterliste der Technischen Baubedingungen mit aufgenommen werden. Mit dieser Aufnahme wäre eine weitere rechtssichere Ausführung geschaffen. Für diese handwerkliche Unterkonstruktion im Bereich der Öffnungen in der Außenwand, sollte die Leibungsbekleidung auch aus schwer- und normalentflammenden Baustoffen und Bauprodukten zulässig sein (siehe Abbildung 18, Bild 2, S. 70).

Da sich diese Versuche ausschließlich auf Faserzementtafeln von *Eternit* bezogen, steht ein Nachweis für andere Plattenwerkstoffe noch aus.

Auch bei einem Einbrand über die seitliche Leibungskonstruktion in den geschossübergreifenden Hohlraum zwischen den Fensterfeldern, kann aufgrund der nachlassenden Hitzeentwicklung und den, in den darüber liegenden Geschossen befindlichen, umlaufenden Unterkonstruktionen nicht von einer Brandübertragung in höher gelegene Öffnungen innerhalb des kritischen Zeitraums ausgegangen werden.

In einem noch durchzuführenden Versuch sollte eine, wie im vorherigen Kapitel beschriebene, Fassade ohne weitere Öffnungen über der Brandkammer, mit gleichen Konstruktionsprofilen und gleicher Anordnung der Unterkonstruktion sowie gleicher Fassadenplattenstärke, entsprechend dem Versuch in Anlehnung an die DIN, geprüft werden. Wenn auch hier eine beschleunigte Brandausbreitung im Hinterlüftungsspalt nachgewiesen und die Brandausbreitung trotz der nichtvorhandenen Öffnungen als kritisch betrachtet wird, muss anhand von „Brandsperren“ (siehe Kapitel 6.3.1) oder anderen Möglichkeiten einer Brandausbreitung in diesem Bereich entgegen gewirkt werden. Dabei sollten aber die bauphysikalischen Vorteile einer VHF nicht in Frage gestellt werden und eine Hinterlüftung weiterhin möglich bleiben.

Des Weiteren wäre zu prüfen, ob eine veränderte Anordnung der Fassadentafeln im Stoßbereich des Sturzes bzw. der Brüstung¹⁹ Auswirkungen auf die Brandausbreitung und den Einzug in den Hinterlüftungsspalt haben. Auf Bild 1 der Abbildung 23 ist die reguläre Ausführung, auf Bild 2 die gegenüber der Brandausbreitung günstigere Ausbildung dargestellt. Allerdings bleibt hier die Frage offen, wie die Auswirkungen aus gestalterischer Sicht von den Architekten angenommen werden würden.

¹⁹ Eine Ausbildung des Brüstungsbereiches wie in Bild 1 wird aufgrund der Möglichkeit des Eindringens von Regen nicht in der Praxis ausgeführt werden.

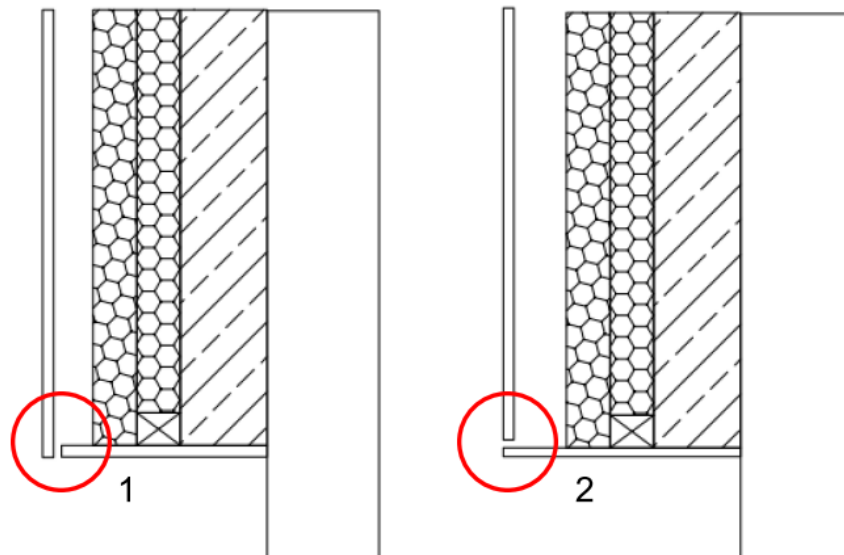


Abbildung 23 Ausbildung Stoßkante Sturz

Im Bereich der Innenecke sollte über die ausschließliche Verwendung von brennbaren Baustoffen diskutiert werden. Wie deutlich erkennbar war, hatte der Brand in diesem Bereich, bei beiden Versuchsdurchführungen, eine starke Wirkung. Hier wäre ein partieller, vollständiger Verschluss des Hinterlüftungsspalt (ggf. mit den verwendeten nichtbrennbaren Dämmstoffen) vorstellbar. Bauphysikalisch wäre die erforderliche vertikale Luftströmung dadurch nicht eingeschränkt.

Eine Ausführung aus komplett nichtbrennbaren Baustoffen, sowohl der Bekleidung als auch der Unterkonstruktion, wäre auch vorstellbar. Zumindest für Gebäudeklasse 4, da für Gebäude der Gebäudeklasse 5 Unterkonstruktionen aus brennbaren Baustoffen allgemein nicht mehr den Anforderungen entsprechen.

Bei einer derartigen Ausführung ist eine Brandausbreitung in höher gelegene Geschosse durch die Fassade auszuschließen. Der Einbrand und die thermische Hitzeausbreitung über den Hinterlüftungsspalt werden zeitlich deutlich hinter der maßgeblichen Wärmeübertragung vor der Fassade zurückstehen.

Bei der gewollten Verwendung von schwerentflammaren Fassaden, muss über den erforderlichen Schutz der Leibungen und der Ausführung der Platten in diesem Bereich nachgedacht werden. Bei Verhinderung des Einbrandes in die seitlichen Fassadenfelder durch entsprechende Leibungsausbildung, sind auch brennbare Baustoffe denkbar. Wie aus den beiden Versuchen hervorging, ist hier

besondere Sorgfalt bei der Planung und Ausführung der Leibungsbekleidung notwendig.

Die Musterbauordnung verpflichtet im § 28 Abs. 4 den Bauherrn in allen Gebäudeklassen bei der Konstruktion von hinterlüfteten Außenwandbekleidungen besondere Maßnahmen gegen Brandausbreitungen zu treffen. Diese Forderung bei Gebäuden mit einer Fußbodenoberkante bis zu einer Höhe von 7 m erscheint unter Berücksichtigung der ansonsten an diese Gebäude erhobenen materiellen Anforderungen zumindest fraglich.

Die in der Liste der Technischen Baubestimmungen zusätzlich erhaltenen Anforderungen zur Anwendung der DIN 18516-1 sollten auch die bauphysikalischen Erfordernisse vorgehängter hinterlüfteter Fassaden berücksichtigen. Insbesondere sollten die durchgehenden horizontalen Brandsperren, welche die dauerhafte Gebrauchstauglichkeit der Fassaden in Frage stellen, überprüft werden. Die nach momentan geltender Rechtslage pauschale Forderung nach Umsetzung der Maßnahmen, entsprechend der Musterliste der Technischen Baubestimmungen als besondere Maßnahmen gegen die Brandausbreitung, wird dem System der vorgehängten hinterlüfteten Fassade nicht gerecht. Sie entsprechen hinsichtlich der Erfahrungen mit solchen Fassaden aus realen Brandereignissen auch nicht dem tatsächlich bestehenden Risiko.

10. Fazit/Ausblick

Mit den bauordnungsrechtlichen Anforderungen an vorgehängte hinterlüftete Fassaden soll in allen Fällen das Schutzziel, die unmittelbare Brandausbreitung in das übernächste Geschoss über dem Brandraum ausreichend zu behindern, erreicht werden. Allerdings erscheinen viele dieser Anforderungen für vorgehängte hinterlüftete Fassaden zu pauschal und dem Schutzziel (siehe Kapitel 5.2) nicht angemessen.

Dies wird durch die Auswertung der Versuchsprotokolle in dieser Diplomarbeit auch zum großen Teil bestätigt. Diese Auswertungen und die daraus gezogenen Schlussfolgerungen stellen einen wesentlichen Teil der vorliegenden Arbeit dar. Des Weiteren wurden in der vorangegangenen Arbeit allgemeine Grundlagen über vorgehängte hinterlüftete Fassaden erarbeitet, die rechtlichen Anforderungen an vorgehängte hinterlüftete Fassaden herausgearbeitet und einer kritischen Betrachtung unterzogen (siehe Kapitel 7). Außerdem wurden Vorschläge für die zukünftige Handhabung mit dieser Art von Außenwandbekleidung gegeben.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass durch die derzeit geforderten besonderen Maßnahmen zur Erfüllung der rechtlichen Anforderungen an vorgehängte hinterlüftete Fassaden, die Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit und damit die Wirtschaftlichkeit dieses Systems erheblich verringert werden. Bei einem Vergleich mit den wesentlich häufiger an Schadensereignissen beteiligten (organischen) Wärmedämm-Verbundsystemen unterliegen die vorgehängten hinterlüfteten Fassaden wesentlich restriktiveren Anforderungen. Ein Nachweis der Angemessenheit steht aus.

Es bedarf der Klärung, ob Forderungen nach der Umsetzung besonderer Maßnahmen gegen die Brandausbreitung wirklich ab Gebäudeklasse 1 notwendig sind. Wirtschaftlicher und in brandschutztechnischer Hinsicht sinnvoller erscheint es der Verfasserin durchaus ausreichend, solche besonderen Maßnahmen erst für die Gebäudeklassen 4 und 5 zu fordern. Die Ausbildung von Brandsperren erscheint in vielen Fällen, gerade bei den kleineren Gebäudeklassen, als unnötig und beschränkt die bauphysikalische Funktion der Außenwandbekleidung beträchtlich. Für alle Gebäudeklassen könnten Möglichkeiten gefunden werden, die

eine Anordnung von umlaufenden horizontalen Brandsperren nicht notwendig machen. Wie die Auswertung der Brandversuche ergeben hat, kann gerade im Leibungsbereich, besonders im Sturz- und Brüstungsbereich, eine schwerentflammbare/nichtbrennbare Ausführung des Fassadensystems den Einbrand erschweren und einer damit verbundenen Brandausbreitung in ausreichendem Maße entgegen wirken.

Der Norm-Entwurf der DIN 4102-20 sollte überdacht werden. Für den darin enthaltenen Aufbau des Prüf szenarios wurden offenkundig viele ungeprüfte Annahmen getroffen. Insbesondere fehlt ein Abgleich mit den bauordnungsrechtlich aufgegebenen Schutzziele n des Brandschutzes. Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass die Ergebnisse des Versuches den Anforderungen in der Praxis entsprechen. Des Weiteren stellt der Prüfaufbau, aufgrund der Anordnung der Brandkammer, direkt in der Innenecke und einer Ausführung der Fassade darüber ohne weitere Öffnungen, einen extremen Sonderfall dar. In der Zukunft sollte der Versuchstand praxisgerechter ausgeführt werden, sodass man realistischere Ergebnisse zur Bewertung in der Praxis erhält.

Im Rahmen von weiterführenden Arbeiten könnten somit auf Grundlage der gewonnen Erkenntnisse Themen wie:

- Der Prüfaufbau nach DIN 4102-20 – In Bezug auf seine Praxistauglichkeit und die Anwendung für verschiedene Außenwandbekleidungen
- Mögliche Löschmaßnahmen an vorgehängten hinterlüfteten Fassaden unter Berücksichtigung des Ausstattungsgrades von Berufs- und Freiwilligen Feuerwehren
- Der Vergleich zwischen vorgehängten hinterlüfteten Fassaden und Wärmedämm-Verbundsystemen und weiteren Außenwandbekleidungen

untersucht werden.

Literaturverzeichnis

- Bechthold, Dr.Ing. Rolf, Dr.Ing. Klaus-Peter Ehlert, und Dipl.Ing. Jürgen Wesche. *Brandversuche Lehrte*. Bd. 04.037. Kassel-Wilhelmshöhe: Schriftreihe des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau , 1978.
- Blume, ORR. Dr.-Ing, und Dr.-Ing Riese. *Prüfbericht vom 28.08.2012*. Prüfbericht, Brandschutz, TU Braunschweig, Braunschweig: MPA Braunschweig, 2012.
- Blume, ORR. Dr.-Ing., und Dr.-Ing. Riese. *Untersuchungsbericht vom 07.07.2011*. Prüfbericht, Brandschutz, TU Braunschweig, Braunschweig: MPA Braunschweig, 2011.
- Bock, Prof. Dr.-Ing. H. M., und Dipl.-Ing. E. Klement. *Brandschutz-Praxis für Architekten und Ingenieure*. 2. Berlin: Bauwerk Verlag GmbH, 2006.
- Bock, Prof.Dr.-Ing. H. M., und Dipl.-Ing. E. Klement. *Brandschutz-Praxis für Architekten und Ingenieure*. 3. Berlin: Bauwerk Verlag GmbH, 2011.
- Dipl.-Ing. Broemme, Albrecht. „Berlin: Verheerender Fassadenbrand.“ *BRANDSchutz Deutsche Feuerwehr-Zeitung*, Nr. 6/2005 (Juni 2005): S. 438-441.
- Energie Tirol. *Vollwärmeschutz und hinterlüftete Fassaden*. Infoblatt, Innsbruck: Energie Tirol, 2009.
- Eternit Aktiengesellschaft. *Planung und Anwendung - Eternit Fassaden mit Faserzement*. Broschüre, Heidelberg: Eternit AG, 2011.
- Eternit Aktiengesellschaft. *www.eternit.de*. 2013.
<http://www.eternit.de/unternehmen/>
(Zugriff am 21. 05 2013).
- Eternit Bilder. „Bildokumentation zum Brandversuch.“
Braunschweig, 05. Juli 2011.
- Fachverband Baustoffe und Bauteile für vorgehängte hinterlüftete Fassaden e.V. *Fachportal vorgehängte hinterlüftete Fassaden*. kein Datum.
<http://www.fvhf.de/Fassade/index.php>
(Zugriff am 22. Juni 2013).
- Fachverband Baustoffe und Bauteile für vorgehängte hinterlüftete Fassaden e.V. „Richtlinie über brandschutztechnische Vorkehrungen bei hinterlüfteten Außenwandbekleidungen gem. ML-TBB nach DIN 18516-1.“ Richtlinie, 2010.

- FVHF, VHF Fassade der Zukunft. „Systemaufbau - Vorgehängte hinterlüftete Fassaden.“ *Fachportal, vorgehängte hinterlüftete Fassaden*. Herausgeber: Fachverband Baustoffe und Bauteile für vorgehängte hinterlüftete Fassaden e.V. kein Datum. http://www.fvhf.de/Fassadebilder/docs/FVHF_Systemaufbau-VHF.pdf (Zugriff am 10. Juni 2013).
- GIP GmbH. *GIP Fassade*. 2013. <http://www.gip-fassade.com/de/> (Zugriff am 8. Juni 2013).
- Gressmann, Dipl.-Phys. Hans-Joachim. *Abwehrender und Anlagentechnischer Brandschutz*. Renningen: expert verlag, 2005.
- Grundsatzausschuss der AGBF. „Qualitätskriterien für die Bedarfsplanung von Feuerwehren in Städten.“ Empfehlung, Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren in der Bundesrepublik Deutschland, Deutschland, 1998.
- hagebau Handelsgesellschaft für Baustoffe mbH & Co. KG. *Fassaden-journal*. Broschüre, Dach + Fassade Fachhandel, Soltau: hagebau DACH * FASSADE, 2011.
- ICC-Fassadentechnik GmbH. *ICC-Fassadentechnik GmbH - Wir geben Bauwerken ein Gesicht*. kein Datum. <http://www.icc-fassadentechnik.at/technik/technik.html> (Zugriff am 7. Juli 2013).
- Knauf Gips KG. *Knauf Gips*. kein Datum. http://www.knauf.de/content/de/trockenbau/brandsicher_knauf/grundlagen_des_brandschutzes/bauaufsichtliche_anforderungen/landesbauordnungen/bauaufsichtliche_anforderungen.html (Zugriff am 05. 07 2013).
- Künzel, Hartwig M. „WTA-Schriftenreihe, Heft 31.“ Schriftreihe, Darmstadt, 2009, 221-232.
- Mayr, Josef, und Lutz Battran. *Brandschutzatlas*. Feuertrutz Verlag für Brandschutzpublikationen, 2013.
- . *Brandschutzatlas*. Feuertrutz Verlag für Brandschutzpublikationen, 2006.
- Prendke, Dipl.-Ing. Wolf-Dieter, und Dipl.-Ing. Hermann Schröder. *Lexikon der Feuerwehr*. 2. Herausgeber: Schröder und Dipl.-Ing. Hermann. Stuttgart; Berlin; Köln: Verlag W. Kohlhammer, 2001.
- RP Bauelemente OHG. *RP Bauelemente*. kein Datum. <http://www.fassaden-dach.de/vorgehaengte-hinterlueftete-fassade/> (Zugriff am 8. Juli 2013).

spreepicture. „Berlin: Verheerender Fassadenbrand.“ *BRANDSchutz Deutsche Feuerwehr-Zeitung*, Juni 2005: 339f.

Stiftung Warentest. *Stiftung Warentest*. 24. Oktober 2002.
<http://www.test.de/Rauchmelder-Rechtzeitig-aufwachen-1063379-0/>
(Zugriff am 6. Juli 2013).

Thiemann, Matthias, und Karsten Foth. *Über die Notwendigkeit von Brandsperren bei vorgehängten hinterlüfteten Fassaden*. Stellungnahme, Brandschutz, Berlin: hhpberlin, 2011.

Werner, Ulf-Jürgen. *Bautechnischer Brandschutz: Planung, Bemessung, Ausführung*. Basel, Schweiz: Birkhäuser Verlag, 2004.

Anhang

Prüfbericht 1 (2012)

Prüfbericht 2 (2011)

Aufgabenstellung FH Potsdam

CD-ROM mit digitaler Version dieser Arbeit

Prüfbericht

Dokumentennummer: (3523/799/12) – OR vom 12.01.2012

Auftraggeber: Eternit Aktiengesellschaft
Knesebeckstr. 59-61
10719 Berlin

Auftrag vom: 22.08.2012

Auftragszeichen: Herr Stark

Auftragseingang: 22.08.2012

Inhalt des Auftrags: Überprüfung der Brandausbreitung bei einer hinterlüfteten
Vorhangfassade der Firma Eternit

Prüfungsgrundlage: Normvorschlag DIN 4102-Teil 20

Herstellung des Prüfaufbaus: 20. – 22.08.2012 durch den Auftraggeber

Prüftermin: 28.08.2012

Dieser Prüfbericht umfasst 10 Seiten inkl. Deckblatt und 3 Anlagen.

Dieser Prüfbericht darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Kürzungen bedürfen der schriftlichen Genehmigung der MPA Braunschweig. Von der MPA nicht veranlasste Übersetzungen dieses Dokuments müssen den Hinweis „Von der Materialprüfanstalt für das Bauwesen, Braunschweig, nicht geprüfte Übersetzung der deutschen Originalfassung“ enthalten. Das Deckblatt und die Unterschriftenseite dieses Dokuments sind mit dem Stempel der MPA Braunschweig versehen. Dokumente ohne Unterschrift und Stempel haben keine Gültigkeit. Das Probenmaterial ist verbraucht. Die Akkreditierungen gelten für die in den aktuellen Urkunden aufgeführten Prüfverfahren. Die Liste der akkreditierten Bereiche ist auf Anforderung erhältlich.

1 Allgemein

Durch Bestätigung des Auftrages vom 22.08.2012 hatte die MPA Braunschweig die Aufgabe eine Prüfung an einer hinterlüfteten Fassadenkonstruktion der Firma Eternit durchzuführen. Als Prüfvorschrift und -kriterien wurde der Entwurf DIN 4102 Teil 20 festgelegt. Die Prüfung soll als Grundlage für die Bewertung der Fassade als schwerentflammbarer Baustoff im Sinne der Nachweisführung im Rahmen einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung dienen. Die Art der Fassadenkonstruktion wurde im Vorfeld im Sachverständigenausschuss Baustoffe B1 diskutiert und festgelegt. Für die Prüfung wurde der Prüfkörper durch den Auftraggeber auf den Fassadenprüfstand nach DIN 4102 Teil 20 der MPA Braunschweig installiert.

2 Beschreibung der untersuchten Fassadenkonstruktion ETERNIT VHF1

Die Beschreibung der untersuchten Fassadenkonstruktion beruht auf den Vorgaben des Auftraggebers.

2.1 Typ

Vorgehängte, hinterlüftete Fassadenbekleidung (VHF).

Brandschutzmaßnahme im Sturzbereich: Sturzausprägung aus Eternit Fassadenplatte mit 1 cm Restquerschnitt als Belüftungsspalt. In diesem Bereich wurde kein Insektenschutzprofil aus Metall verwendet.

2.2 Unterkonstruktion

- 1. und 2. Konterlattung aus Fichten-Vollkonstruktionsholz B x H = 60 x 60 mm
- Lattung aus Fichten-Vollkonstruktionsholz B x H = 40 x 60 mm bzw. 40 x 120 mm
- Verankerung im Versuchsstand der MPA Braunschweig an Porenbetonwand mit System „Würth“ W-UR 10+ Senkkopfschraube, Stahl verzinkt M10x65 / 135
- Befestigung der Konterlattung auf Lattung mit „Würth“ ASSY plus Schrauben Senkfräskopf, AW 30, Typ 2, 6,0x120 / 66
- Abstellung der Lattung mit Alu-Band, im Bereich einzelner Lattungen 70 mm, im Bereich zweier nebeneinander liegenden Lattungen 130 mm

2.3 Wärmedämmung

- Mineralfaser Steinwolle nach DIN EN 13 162-T3-CS(10)0,5-TR1-WL(P)-MU1, System „Fixrock 035 VS“ Steinwolle Dämmplatte für hinterlüftete Fassade, hydrophobiert
- Plattenmaß B x H = 1000 x 625 mm, Dicke t = 60 mm

- Brandklasse A1, nicht brennbar, nach EN 13501
- Mineralfaser Steinwolle zwischen 1. und 2. Konterlattung Dicke je 60 mm

2.4 Hinterlüftung

- Lattung mit 40 mm Dicke, Hinterlüftungsabstand entsprechend 40 mm, Hinterlüftung durch gesamte Fassadenfläche, da in Abhängigkeit vom Plattenraster horizontale Hinterlüftungsschlitze vorlagen
- Schutz des Hinterlüftungsspalt am Boden und am oberen Ende mit Insektenschutzwinkel aus Metall

2.5 Fassadenbekleidung

- Eternit-Fassadentafel mit PRO-Beschichtung weiss
- Plattengröße 3130 x 1280 mm, Dicke 12 mm mit Stanzkante, vor Ort auf Maß geschnitten
- Befestigt durch Verschraubung jeder Tafel mit der Unterkonstruktion
- Eternit-Fassadenschrauben 5,5x35K15
- Eternit-Schraubenhülse 11,7/7,0x5,4, A2 Edelstahl

3 Prüfaufbau

3.1 Kurzbeschreibung des Prüfverfahrens

Auf einem witterungsunabhängigen Prüfstand wurde die zu untersuchende Fassadenkonstruktion durch den Auftraggeber montiert und durch eine Brandlast thermisch beansprucht. Als Brandszenario wurde seitens des Auftraggebers ein Szenario entsprechend Entwurf DIN 4102 Teil 20 vorgesehen. Dieses Szenario stellt einen Vollbrand in einem Raum mit zerborstener Scheibe in einem Geschoß in einer Lochfassaden dar. Der Brenner, der unterhalb eines Sturzes installiert ist, wird mit einem Propan-Luftgemisch betrieben und hat eine Leistung von etwa 340 kW.

3.2 Versuchsstand

Der Versuchsstand besteht aus zwei Porenbetonwänden, die im rechten Winkel zueinander angeordnet sind und zusammen eine Innenecke bilden. Die gesamte Breite des Versuchsstandes beträgt ca. 5 m und die Höhe ca. 6 m. An diesen Porenbetonwänden wurde die zu untersuchende Fassadenkonstruktion befestigt. Der Aufbau wurde auf den Hauptschenkel des Fassadenprüfstandes beschränkt.

Der Versuchsaufbau ist in Form von Systemzeichnungen in der Anlage 1.1 bis 1.10 festgehalten.

Um eine Brandausbreitung im Versuchsaufbau und speziell Hinterlüftungsspalt experimentell zu erfassen, wurden Thermoelemente in verschiedenen Ebenen im Versuchskörper auf Grundlage des Entwurfs 4102-Teil 20 platziert. Für den Fall, dass die Flammen in den Hinterlüftungsspalt eindringen und es zu einem Mitbrand der Lattung bzw. Konterlattung kommt, zeigen die Thermoelemente eine Temperaturerhöhung an. Die Datenaufzeichnung wurde alle 10 Sekunden durchgeführt. Der Messstellenplan für die Datenaufzeichnung ist in der Anlage 1.11 dargestellt. Fotos des Aufbaus sind in den Anlagen 2 zu finden.

4 Versuchsdurchführung

- Fertigstellung des Versuchsaufbaus: 23.08.2012
- Durchführung des Brandversuchs: 28.08.2012
- Branderscheinungen:

Prüfminute	Branderscheinungen / Beobachtungen
<i>Beobachtung während der Belastung mit einem Gasbrenner über 20 Minuten (Prüfdauer)</i>	
0:00	Start Brenner
0:49	Flamen aus dem oberen Hinterlüftungsspalt
2:06	Blasen an der Oberfläche der Eternitplatte
2:56	Flammen bis ca. 3,5 m über dem Boden
3:25	Ca. 200 °C im Hinterlüftungsspalt in 4,5 m über dem Boden
5:40	Eternitplatten linke Seite Laibung im Bereich des Brenners bricht
10:46	Ca. 300 °C im Hinterlüftungsspalt in 4,5 m über dem Boden
11:06	Platten im Stoß über dem Sturz brechen
12:00	Knackgeräusche deuten auf mit brennendes Holz, starker Anstieg der Temperaturen im Hinterlüftungsspalt
16:24	Flammen in der Ecke der Fassade in ca. 4,5 m über dem Boden, über ca. 20 Sekunden anhaltend
18:04	Über 350 °C an mehreren Fühlern im Hinterlüftungsspalt in 4,5 m über dem Boden
20:00	Brenner aus
<i>Allgemeine Beurteilungen während der Prüfdauer</i>	
Rauch	mäßig
Brennendes Abtropfen bzw. Brennendes Abfallen	nein *)
Besonderheiten	keine
<i>Beobachtung im Anschluss an die Belastung durch einen Brenner (20. bis 60. Minute)</i>	
-	Herabnahme der unteren Platten und Löschen des Versuchskörpers
-	

5 Temperaturmesswerte und Beobachtungen während des Versuchs

Die gemessenen Temperaturen und Druckunterschiede sind in den Anlagen 3.1 bis 3.4 dargestellt. Foto 1 zeigt eine Darstellung der aufgebauten Fassade kurz nach dem nach Starten des Brenners.



Bild 1 Versuch nach dem Start des Brenners

Bild 2 zeigt den Verlauf der im Hinterlüftungsspalt gemessenen Temperaturen in 4,5 m über dem Boden, bzw. in 3,5 m über dem Sturz der Brandkammer. Diese Höhe wird in der Norm als Bewertungshöhe herangezogen.

Die Temperaturen steigen an unterschiedlichen Messstellen im Anschluss an die 12. Minute und im Verlauf der 17. Minuten über die Grenze von 400 °C.

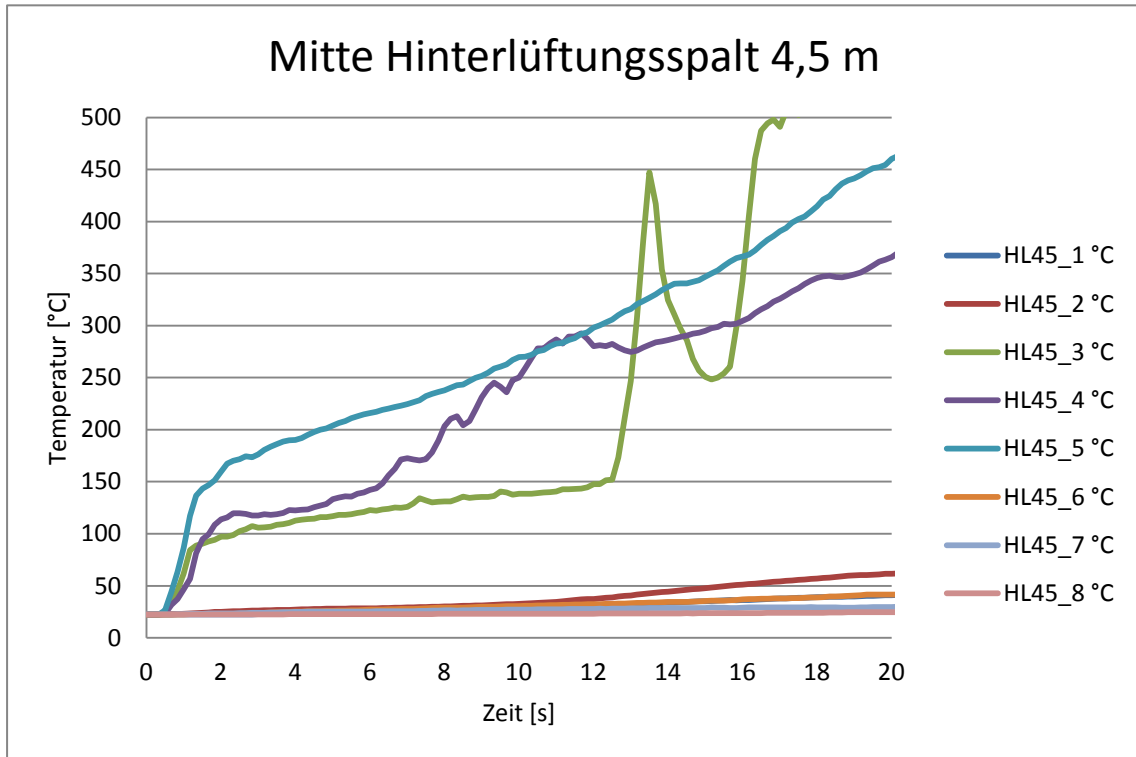


Bild 2 Temperaturverläufe im Hinterlüftungsspalt (HL) in 4,5 m über dem Boden, Details siehe Messstellenplan Anlage 1.11

6 Beobachtung nach dem Brandversuch

Nach der Beflammung wurde die Bekleidung demontiert, um den Brand zu löschen. Die Schädigung hinter der Bekleidung aus Eternit-Fassadenplatten ist daher im Weiteren nicht abschließend festzuhalten.

Bild 3 zeigt die Fassade nach Ausschalten des Brenners in der 20. Minute und Bild 4 die Fassaden nach Beseitigung der unteren Platten beim Löschvorgang mit Wasser.



Bild 3 Fassade nach Versuchsende (Abstellen des Brenners)



Bild 4 Fassade nach Versuchsende (nach Herabnahme der unteren Platten), beim Löschvorgang

7 Ergebnissübersicht ETERNIT VHF1

Beobachtungszeitraum	Während der Beflammung 0. – 20. Minute	
Brandschutzmaßnahme	keine Beschädigung	
Temperaturen in 3,5 m	Mitte Hinterlüftungsspalt	< 580 °C
	Mitte Dämmung	< 75 °C
	Vor Fassade	< 250 °C
Temperaturen in 6,0 m (am Ende Prüfkörpers)	Mitte Hinterlüftungsspalt	< 475 °C
Brennendes Abtropfen/Abfallen	nein	
Lachenbrand	nein	
Bemerkung	Kurzeitige Flammen am oberen Ende des Hinterlüftungsspalt innerhalb der ersten Minuten nach Versuchstart. Als Grund wird die Ansteuerung des Brenners in Reihenfolge Gas und später Luft vermutet. Ggf kann aber auch ein flashartiger Mitbrand der Kaschierung gegeben sein	
Zeitraum	Nach der Beflammung 20. – 60. Minute	
*) Keine Bewertung möglich: Prüfkörper im Anschluss an die Beflammungszeit gelöscht		

8 Allgemeine Bemerkungen

- 8.1** Der Prüfbericht ersetzt nicht den nach den Landesbauordnungen der Bundesrepublik Deutschland notwendigen allgemeinen bauaufsichtlichen Nachweis.
- 8.2** Das brandschutztechnische Gesamtkonzept ist nicht Gegenstand dieses Untersuchungsberichtes.
- 8.3** Die ordnungsgemäße Ausführung liegt ausschließlich in der Verantwortung der ausführenden Unternehmen.
- 8.4** Das Ergebnis aus dieser Prüfung gilt nur für den durch diesen Bericht beschriebenen Aufbau, die Art der vorgenommenen Belastung und der damit verbundenen Fragestellungen.

i.A.

i.A.

ORR. Dr.-Ing. Blume
Stellvertretender Abteilungsleiter

Dr.-Ing. Riese
Sachbearbeiter

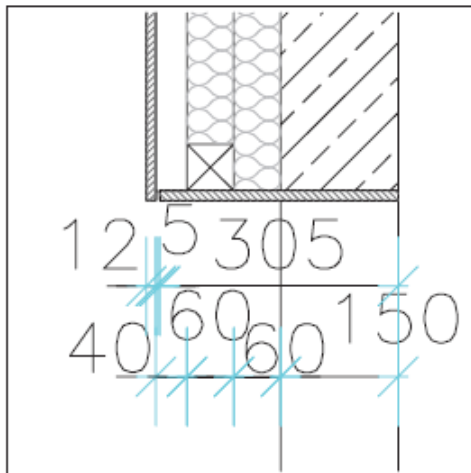
Braunschweig, 12.01.2012

Anlagen:

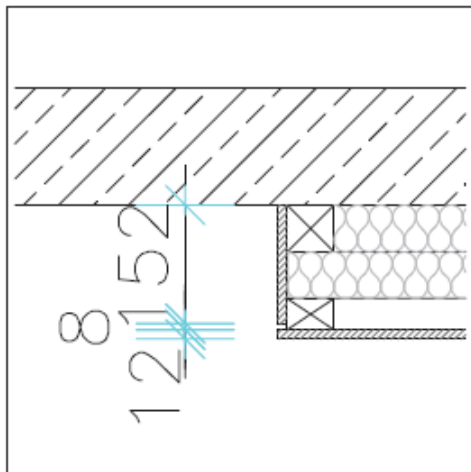
- | | | | |
|-----|---|------|--|
| 1.1 | - | 1.11 | Versuchsaufbau Zeichnungen und Messstellen |
| 2.1 | - | 2.6 | Fotodokumentation |
| 3.1 | - | 3.4 | Diagramme der Messwerte |

Anlage 1: Versuchsaufbau Zeichnungen und Messstellen

Detailpunkte M.1:10



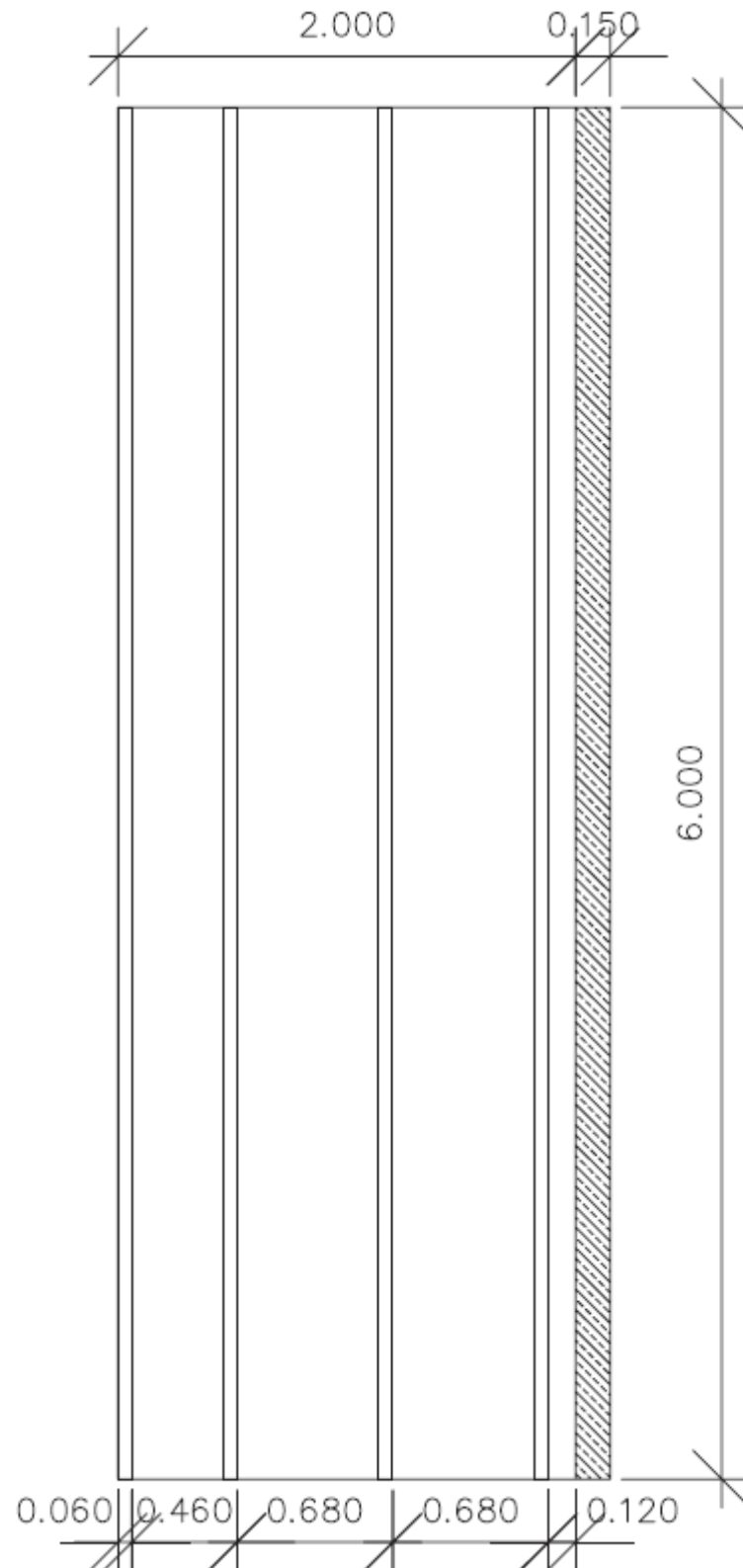
Detail–Sturz



Detail–Leibung

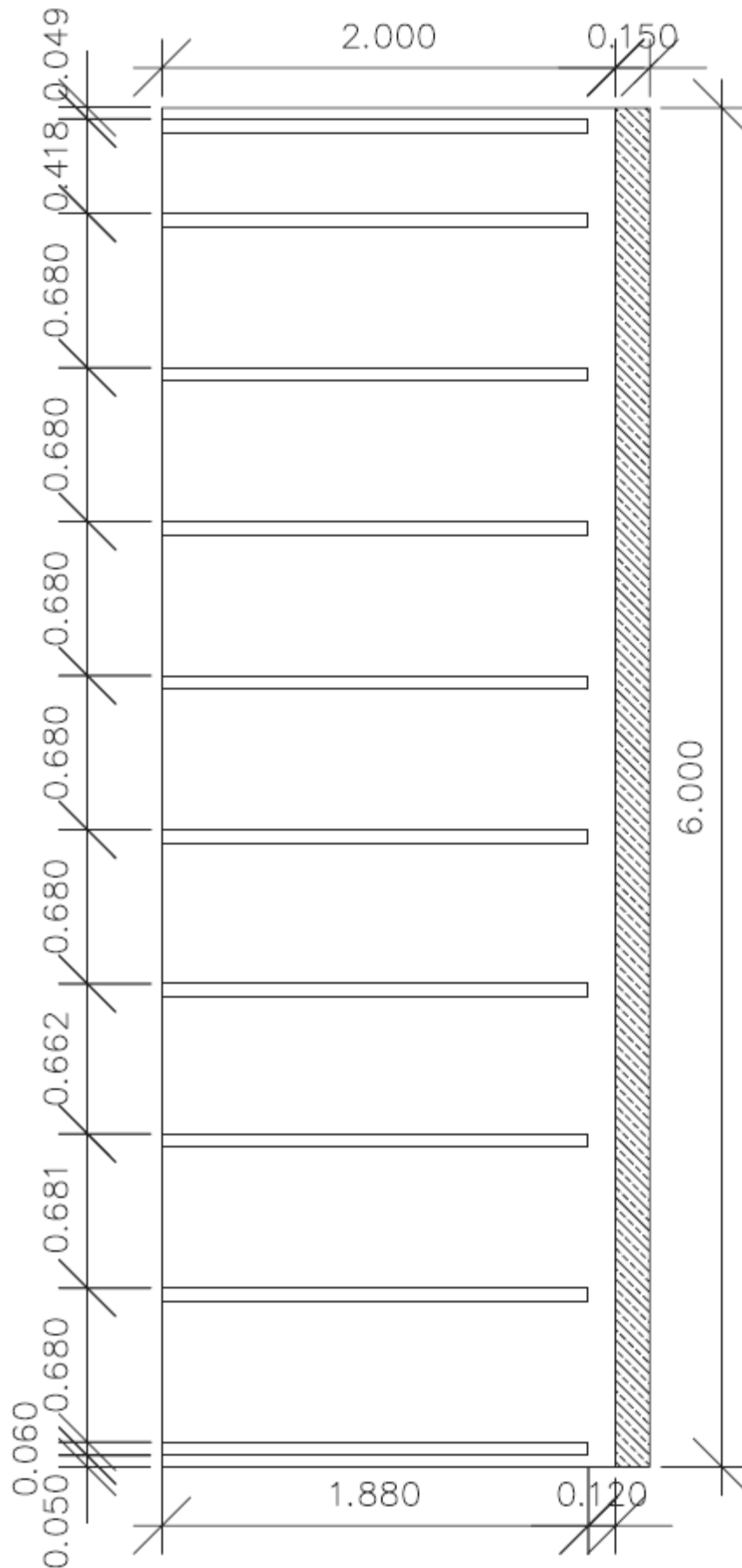


Anlage 1: Versuchsaufbau Zeichnungen und Messstellen



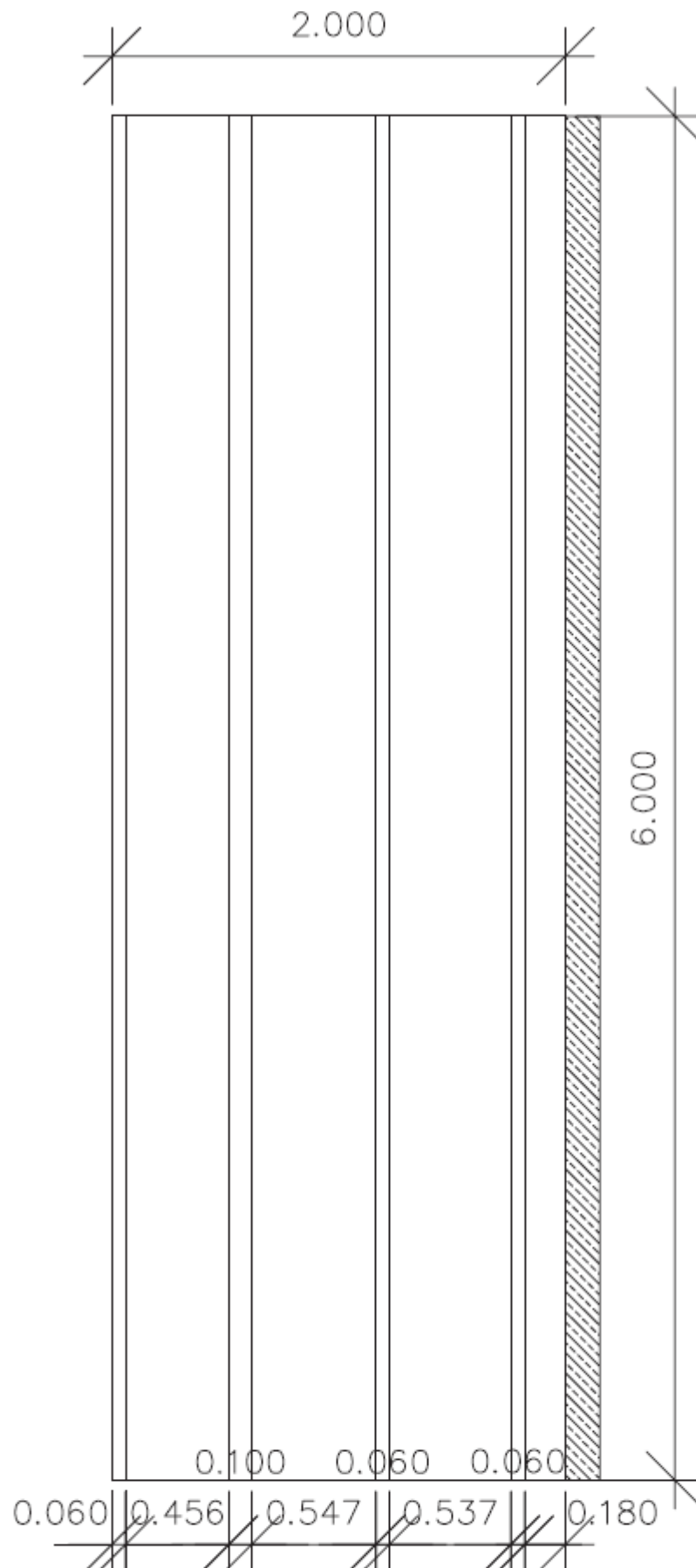
Wandansicht 2 mit 1.Konterlattung M.1:25

Anlage 1: Versuchsaufbau Zeichnungen und Messstellen



Wandansicht 2 mit 2.Konterlattung M.1:25

Anlage 1: Versuchsaufbau Zeichnungen und Messstellen

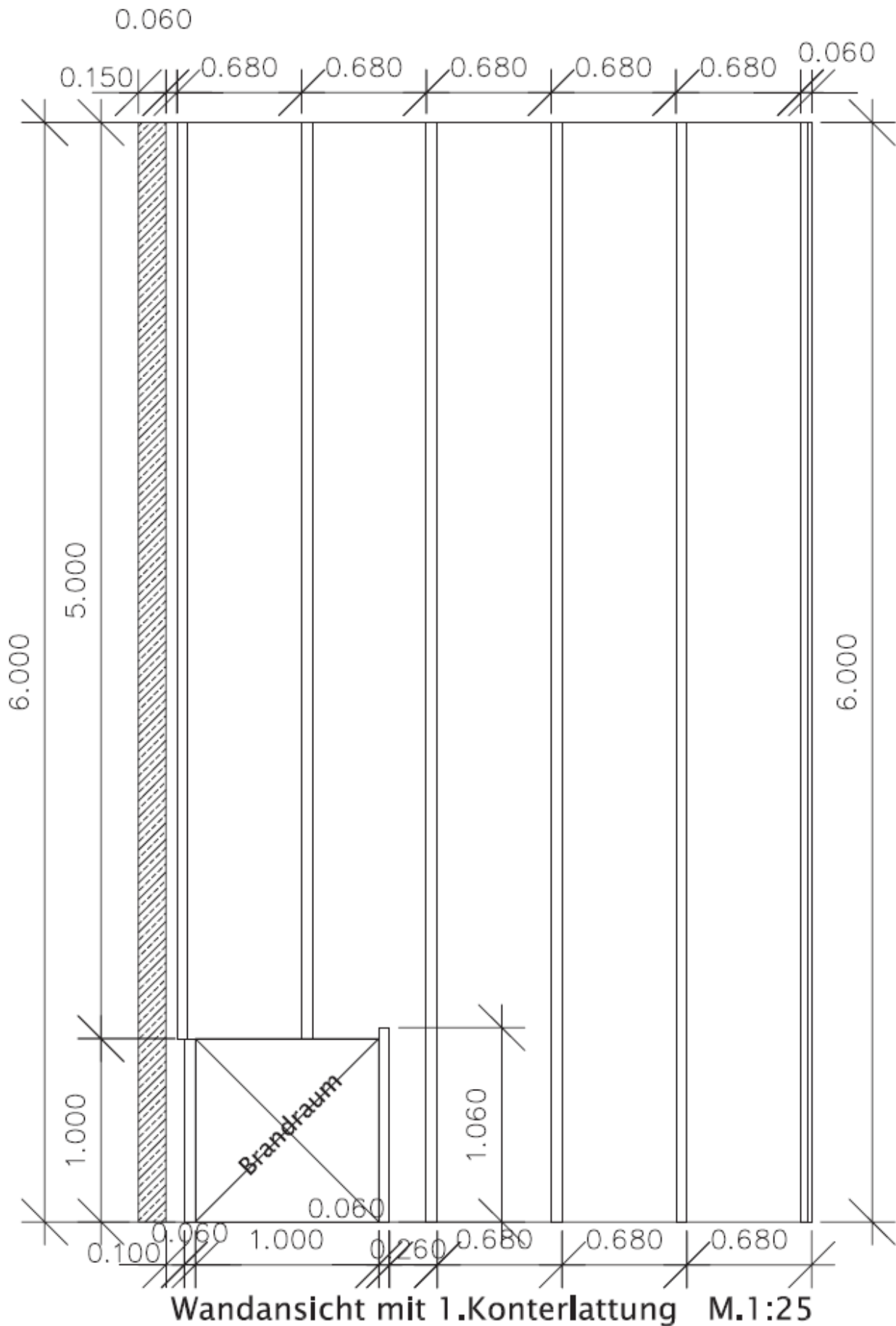


Wandansicht 2 mit Holzkonstruktion M.1:25

Technical drawing of a rectangular plate. The overall dimensions are 2.000 (width) and 6.000 (height). The plate is divided into a grid of 4 columns and 4 rows. The column widths are 0.562, 1.250, and 0.180. The row heights are 0.980, 1.200, 0.908, 1.200, 0.908, 1.200, and 0.180. A hatched area is shown on the right side of the plate, with a width of 0.150. The drawing includes dimension lines and tick marks indicating the boundaries and internal divisions.

Wandansicht 2 mit Fassadenplatten M.1:25

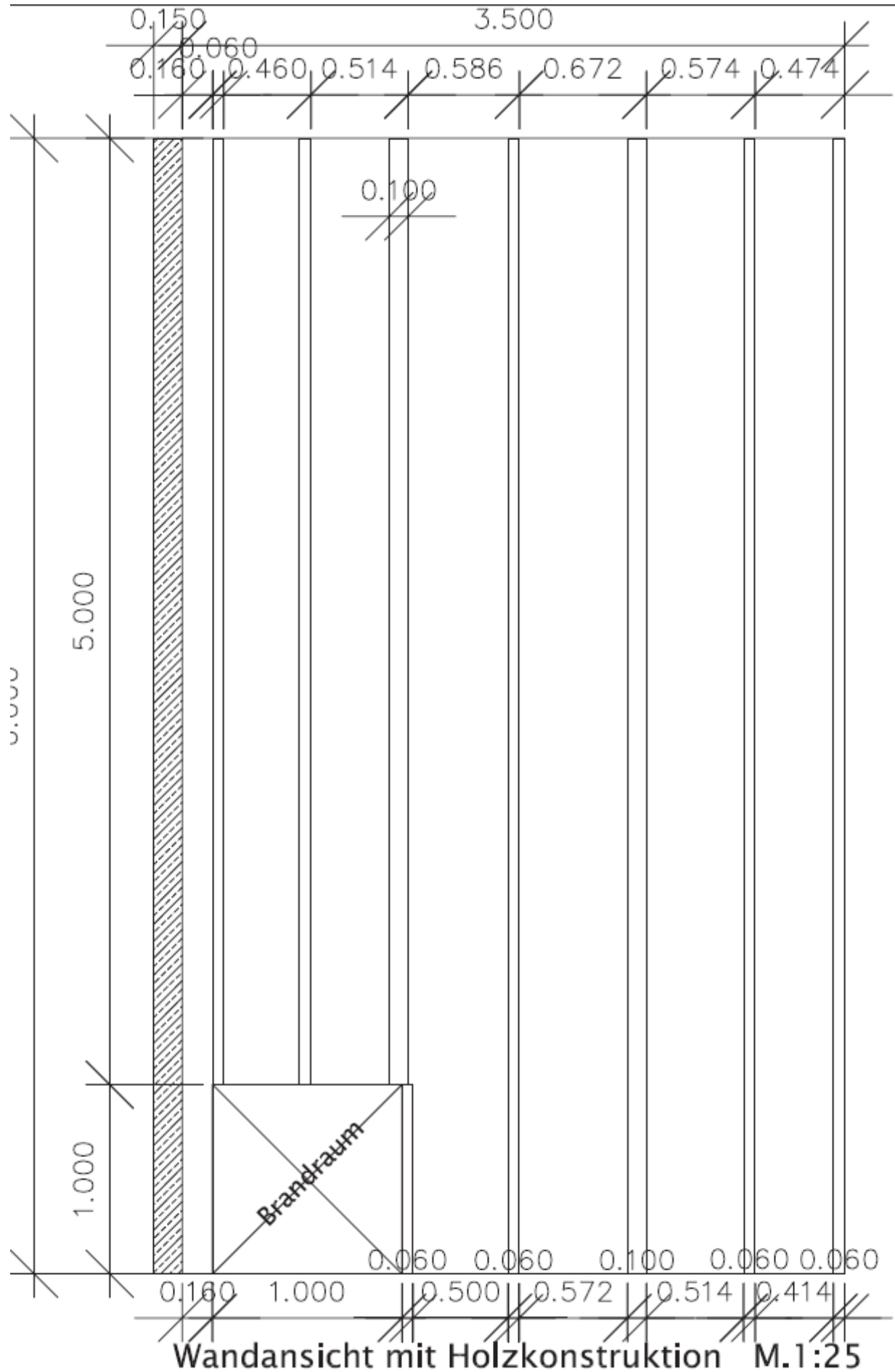
Anlage 1: Versuchsaufbau Zeichnungen und Messstellen



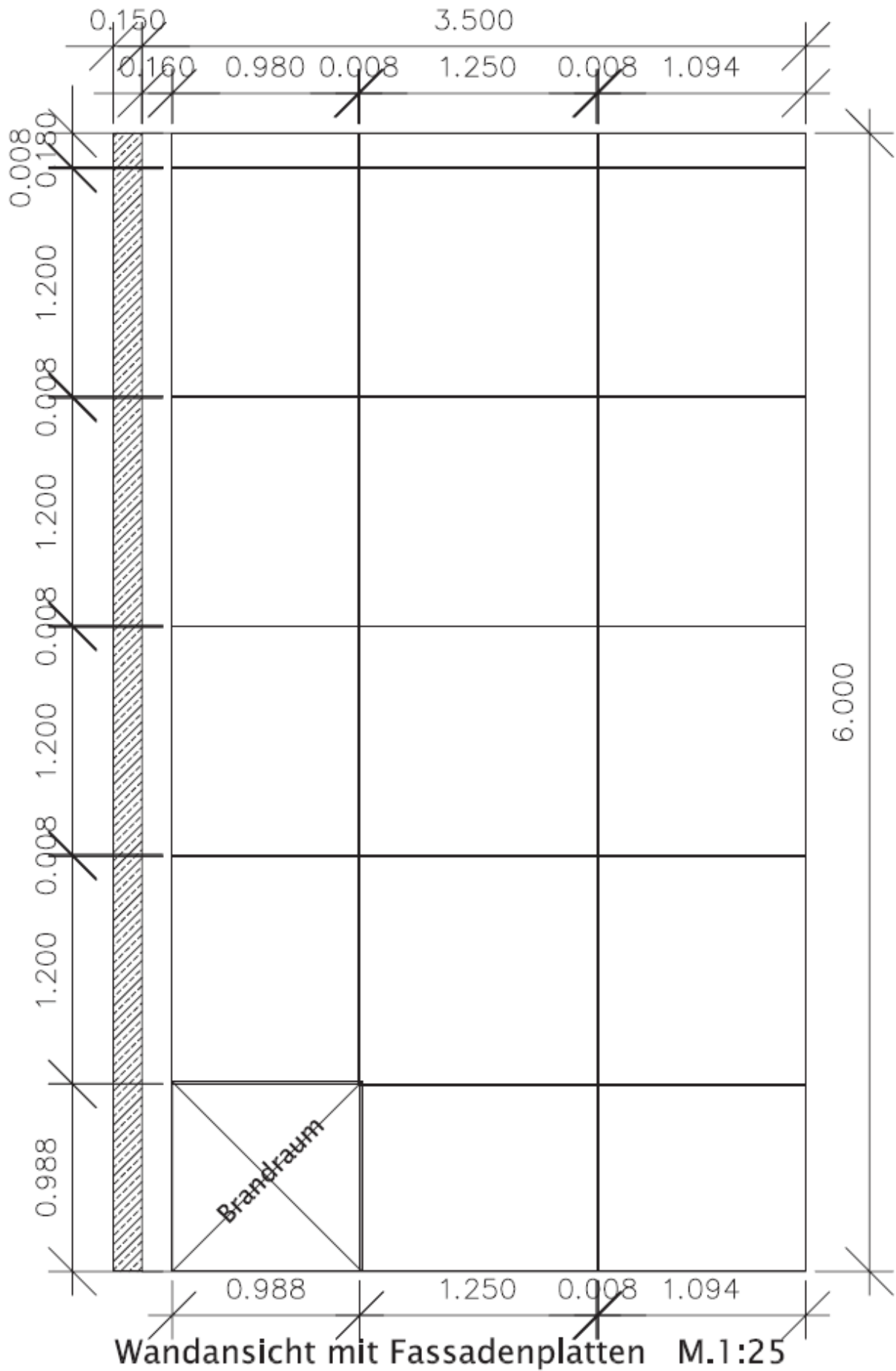
[illegible]

Wandansicht mit 2.Konterlattung M.1:25

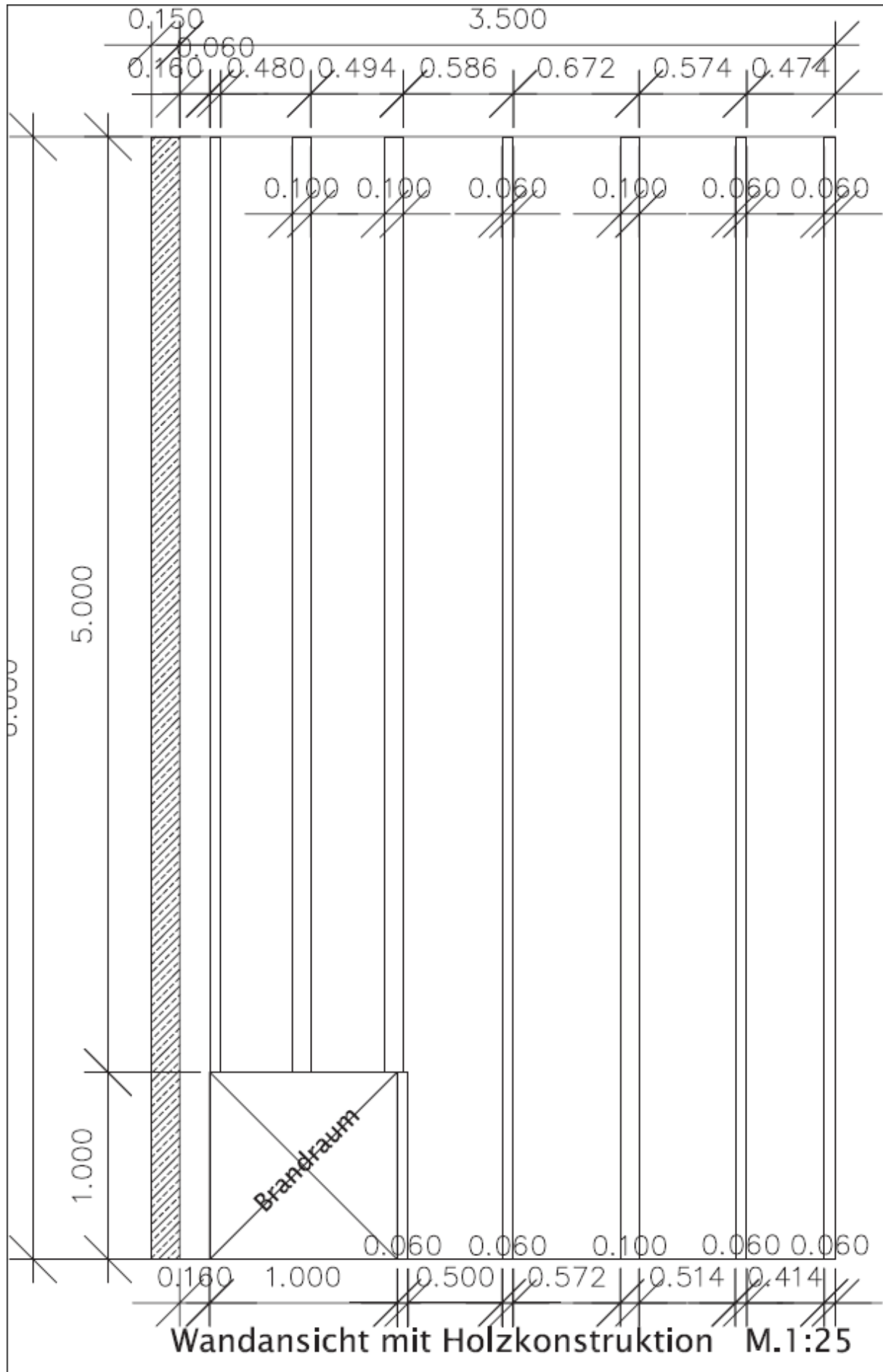
Anlage 1: Versuchsaufbau Zeichnungen und Messstellen



Anlage 1: Versuchsaufbau Zeichnungen und Messstellen



Anlage 1: Versuchsaufbau Zeichnungen und Messstellen



Anlage 1: Versuchsaufbau Zeichnungen und Messstellen

Kanal	Messung	Dimension, Einheit	Umrechnung
Tableau Rauchgasanalyse 0			
C 001	Cold-Trap, Thermoelement Typ K	Temperatur, °C	-
C 002	Sauerstoffanalysator, Zellendruck	Druck, kPa	21 kPa/V
C 003	Sauerstoffanalysator	Volumenanteil, 1	0.25 1/V
C 004	Kohlenmonoxidanalysator	Volumenanteil, 1	0.003 1/V
C 005	Kohlendioxidanalysator	Volumenanteil, 1	0.04 1/V
C 006	Differenzdruck „Bidi“	Druck, Pa	200 Pa/V
C 007	Maurerlicht linear	Transmissions, 1	1 1/V
C 009	„Bidi“, Thermoelement Typ K	Temperatur, K	+ 273.16 K
C 018	Volumenstromregler Luft	Durchfluß, l/min	200.6 1/V
C 019	Volumenstromregler Propan I	Durchfluß, l/min	40.14 1/V
C 020	Volumenstromregler Propan II	Durchfluß, l/min	40.14 1/V
Tableau Fassadenprüfstand 1			
C 021	Mitte Dämmebene 4,5m OKF kF 1005mm a.E.	°C	-
C 022	Mitte Dämmebene 4,5m OKF kF 505mm a.E.	°C	-
C 023	Mitte Dämmebene 4,5m OKF kF 25mm a.E.	°C	-
C 024	Mitte Dämmebene 4,5m OKF IF 5mm a.E.	°C	-
C 025	Mitte Dämmebene 4,5m OKF IF 505mm a.E.	°C	-
C 026	Mitte Dämmebene 4,5m OKF IF 1005mm a.E.	°C	-
C 027	Mitte Dämmebene 4,5m OKF IF 1505mm a.E.	°C	-
C 028	Mitte Dämmebene 4,5m OKF IF 2005mm a.E.	°C	-
C 029	Mitte Hinterlüftung 4,5m OKF kF 1005mm a.E.	°C	-
C 030	Mitte Hinterlüftung 4,5m OKF kF 505mm a.E.	°C	-
C 031	Mitte Hinterlüftung 4,5m OKF kF 25mm a.E.	°C	-
C 032	Mitte Hinterlüftung 4,5m OKF IF 65mm a.E.	°C	-
C 033	Mitte Hinterlüftung 4,5m OKF IF 545mm a.E.	°C	-
C 034	Mitte Hinterlüftung 4,5m OKF IF 1005mm a.E.	°C	-
C 035	Mitte Hinterlüftung 4,5m OKF IF 1505mm a.E.	°C	-
C 036	Mitte Hinterlüftung 4,5m OKF IF 2005mm a.E.	°C	-
C 037	Mitte Hinterl. 6,03m OKF kF 2005mm a.E.	°C	-
C 038	Mitte Hinterl. 6,03m OKF kF 505mm a.E.	°C	-
C 039	Mitte Hinterl. 6,03m OKF kF 5mm a.E.	°C	-
C 040	Mitte Hinterl. 6,03m OKF IF 65mm a.E.	°C	-

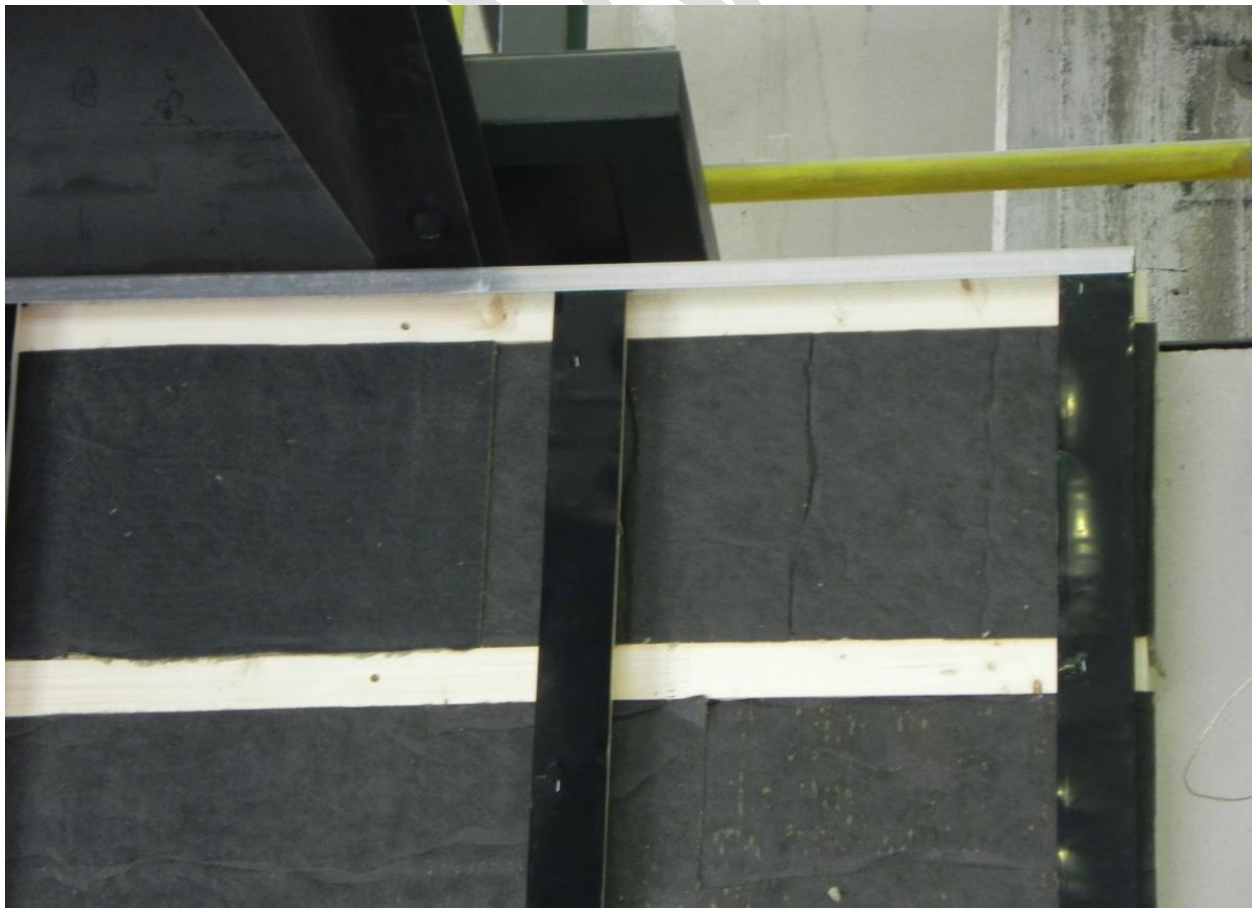
Anlage 1: Versuchsaufbau Zeichnungen und Messstellen

Tableau Fassadenprüfstand 2			
C 041	Mitte Hinterl. 6,03m OKF IF 545mm a.E.	°C	-
C 042	Mitte Hinterl. 6,03m OKF IF 1045mm a.E.	°C	-
C 043	Mitte Hinterl. 6,03m OKF IF 1505mm a.E.	°C	-
C 044	Mitte Hinterl. 6,03m OKF IF 2005mm a.E.	°C	-
C 045	Mitte Dämmebene 2,0m OKF kF 500mm a.E	°C	-
C 046	Mitte Dämmebene 2,0m OKF IF 210mm a.E	°C	-
C 047	Mitte Dämmebene 2,0m OKF IF 710mm a.E	°C	-
C 048	Mitte Dämmebene 2,0m OKF IF 1210mm a.E	°C	-
C 049	Mitte Dämmebene 2,0m OKF IF 1710mm a.E	°C	-
C 050	Mitte Dämmebene 3,5m OKF IF 210mm a.E	°C	-
C 051	Mitte Dämmebene 3,0m OKF IF 210mm a.E	°C	-
C 052	Mitte Dämmebene 2,5m OKF IF 210mm a.E	°C	-
C 053	5mm vor Fassade 4,5m OKF kF 1005mm a.E.	°C	-
C 054	5mm vor Fassade 4,5m OKF kF 505mm a.E.	°C	-
C 055	5mm vor Fassade 4,5m OKF kF 5mm a.E.	°C	-
C 056	5mm vor Fassade 4,5m OKF IF 5mm a.E.	°C	-
C 057	5mm vor Fassade 4,5m OKF IF 505mm a.E.	°C	-
C 058	5mm vor Fassade 4,5m OKF IF 1005mm a.E.	°C	-
C 059	5mm vor Fassade 4,5m OKF IF 1505mm a.E.	°C	-
C 060	5mm vor Fassade 4,5m OKF IF 2005mm a.E.	°C	-
Tableau Fassadenprüfstand 3			
C 061	Temp Bidi 2,0m OKF IF 250mm a.E	°C	-
C 062	Temp Bidi 2,0m OKF IF 750mm a.E	°C	-
C 063	Sturz Mitte Laibung	°C	-
C 064	Sturz Mitte Hinterlüftung	°C	-
Tableau Fassadenprüfstand 4			
C 081	Bidi 2,0m OKF IF 250mm a.E	Druck, Pa	10 Pa/V
C 082	Bidi 2,0m OKF IF 750mm a.E	Druck, Pa	10 Pa/V

Anlage 2: Fotodokumentation



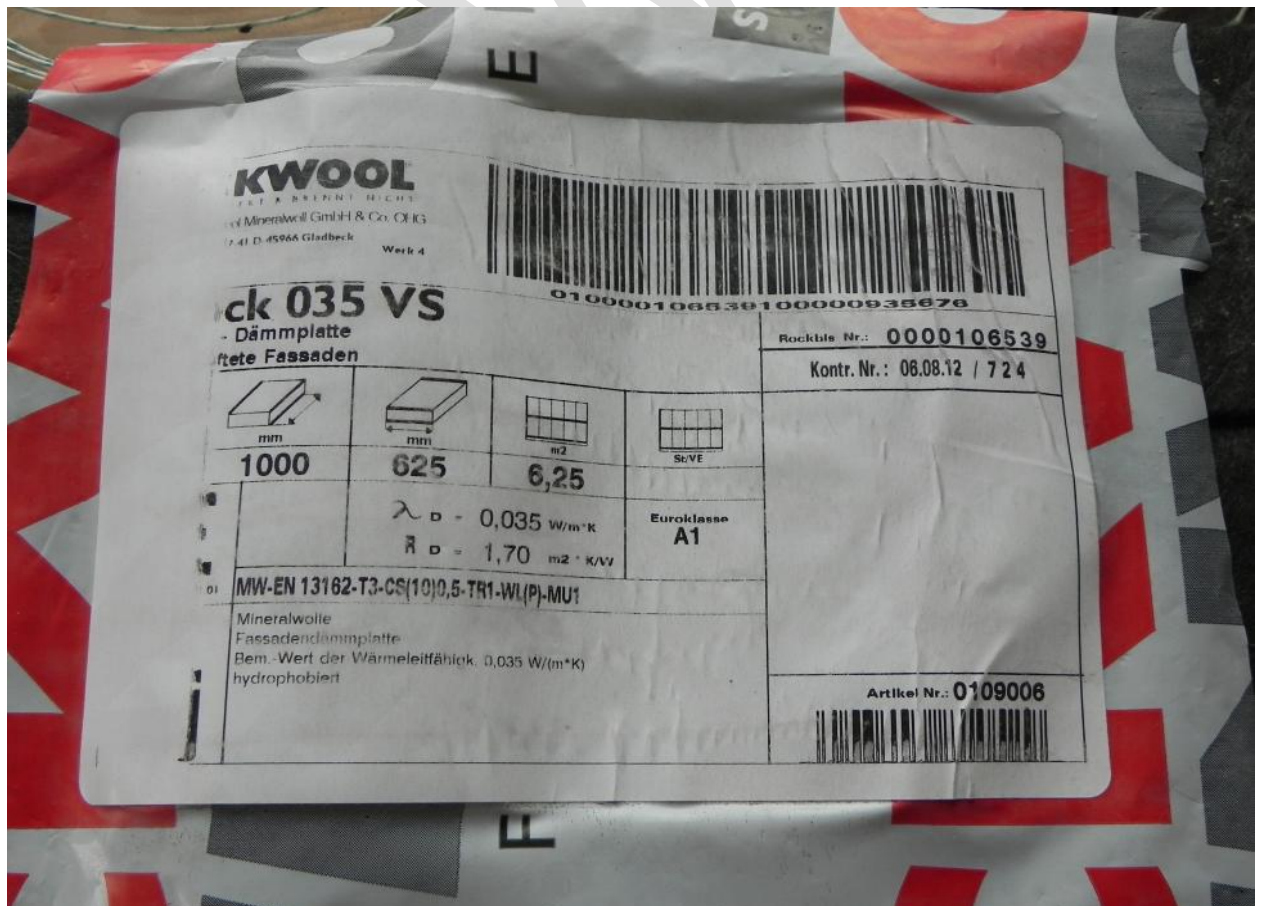
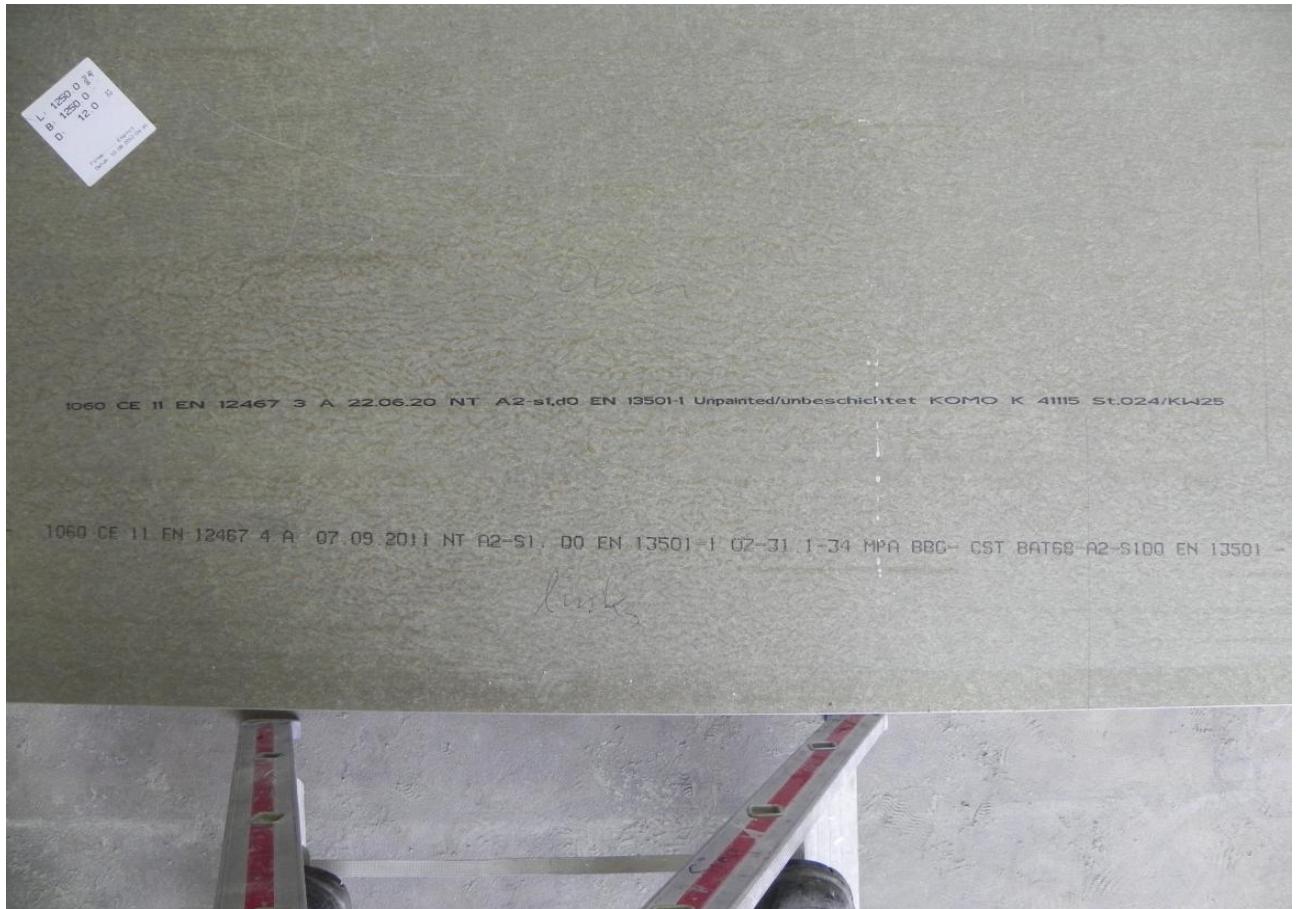
Anlage 2: Fotodokumentation



Anlage 2: Fotodokumentation



Anlage 2: Fotodokumentation



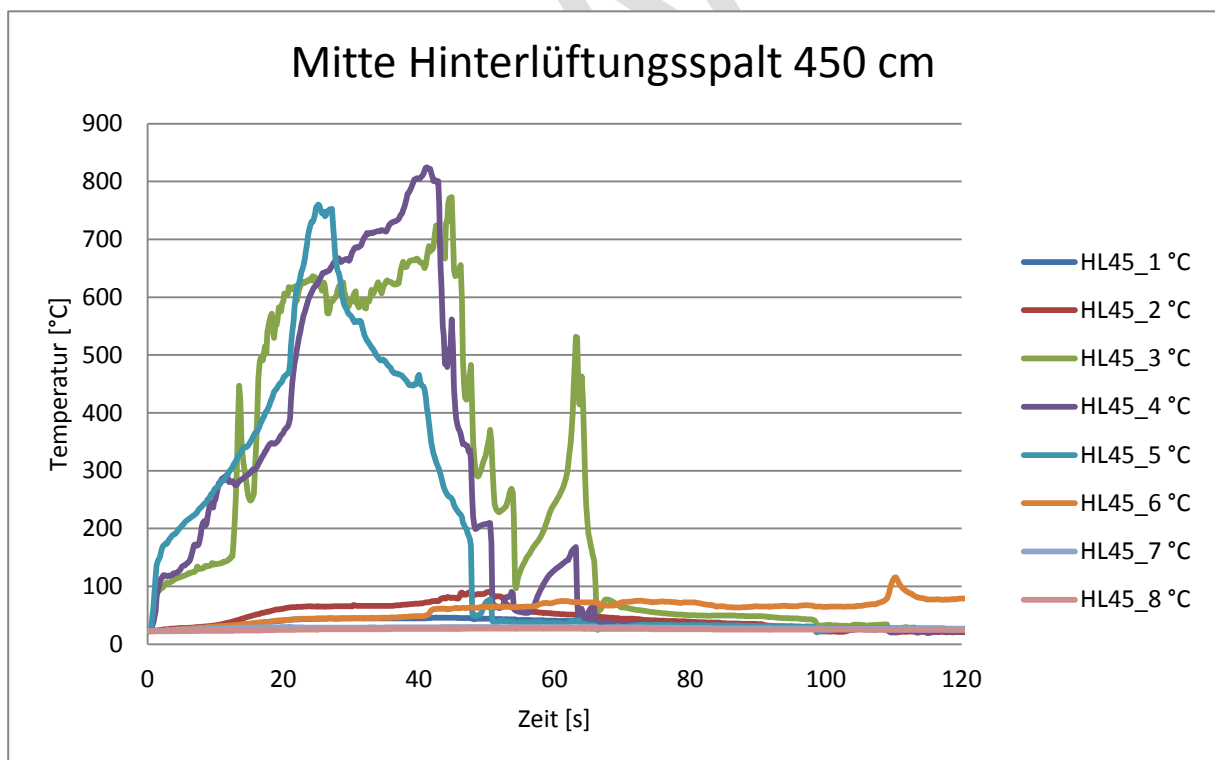
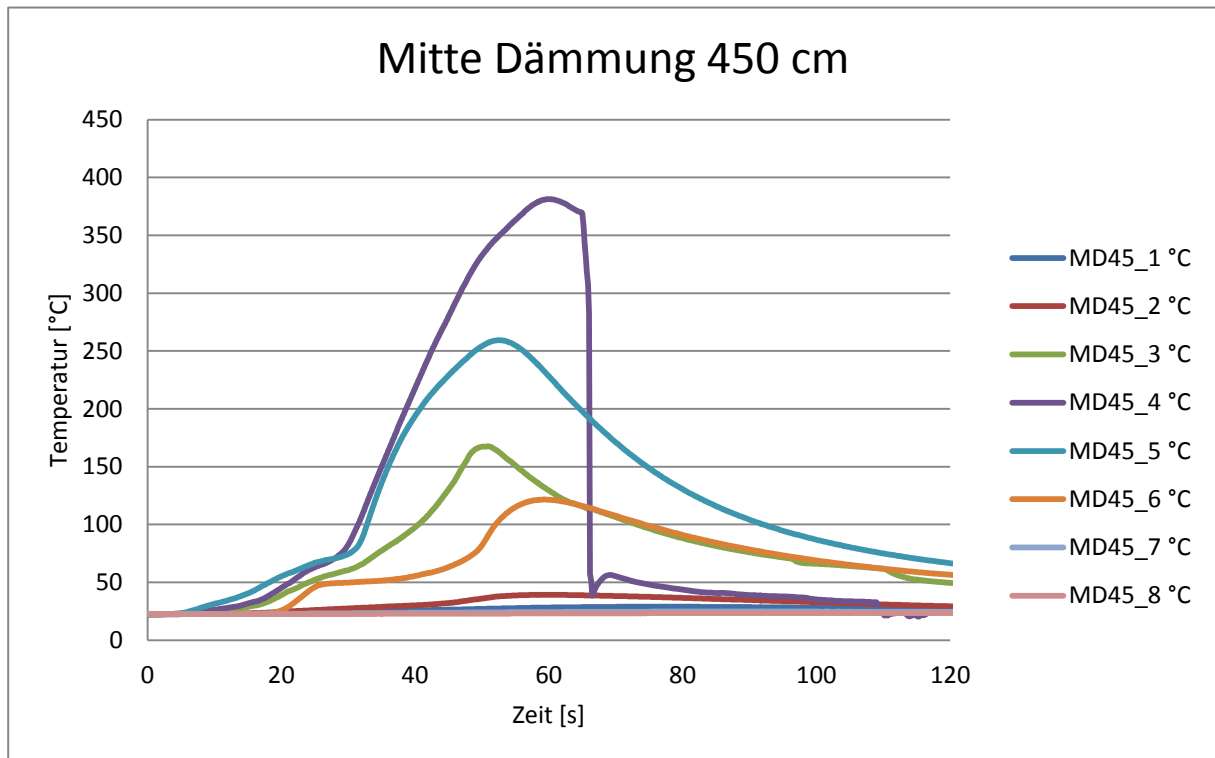
The image shows a box of Würth 10x65/135 ZEBRA Kst.-Rahmendübel (W-UR 10+ Senkkopfschraube). The box is red and white, with a screwdriver resting on top. The label on the box shows the product name, dimensions, and quantity (50). The box is placed on a white surface.



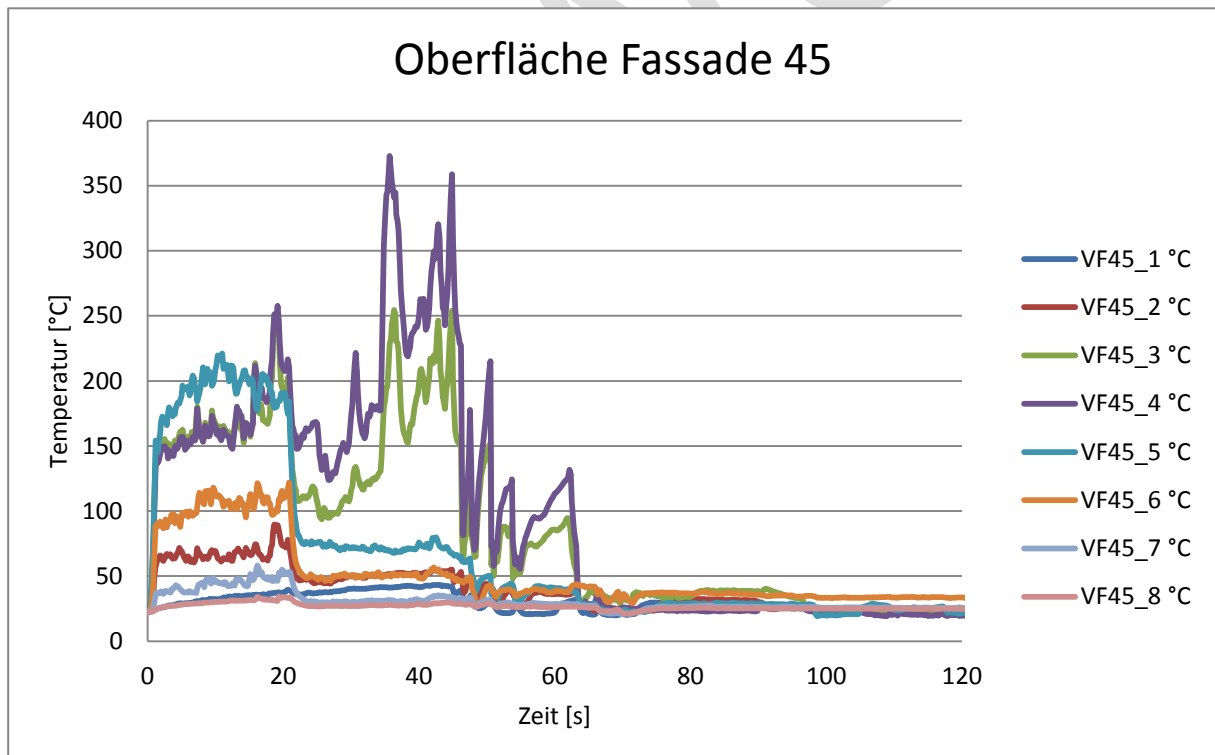
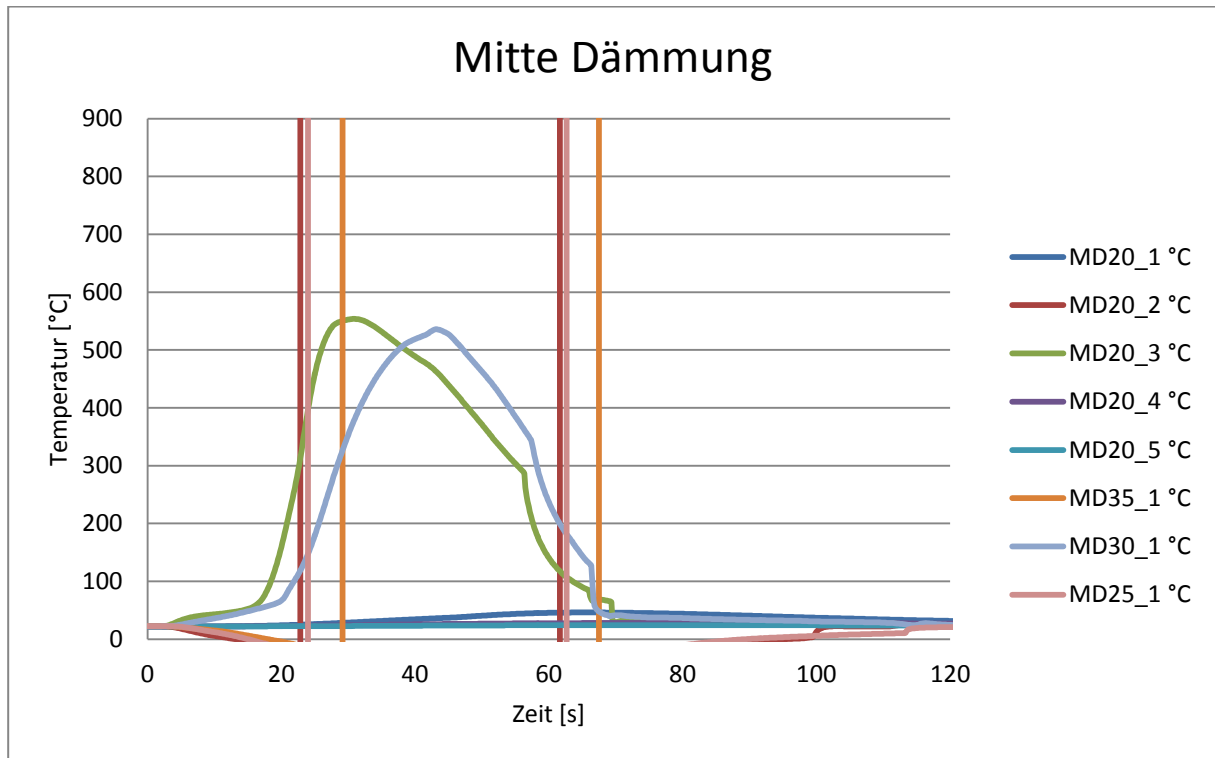
Anlage 2: Fotodokumentation



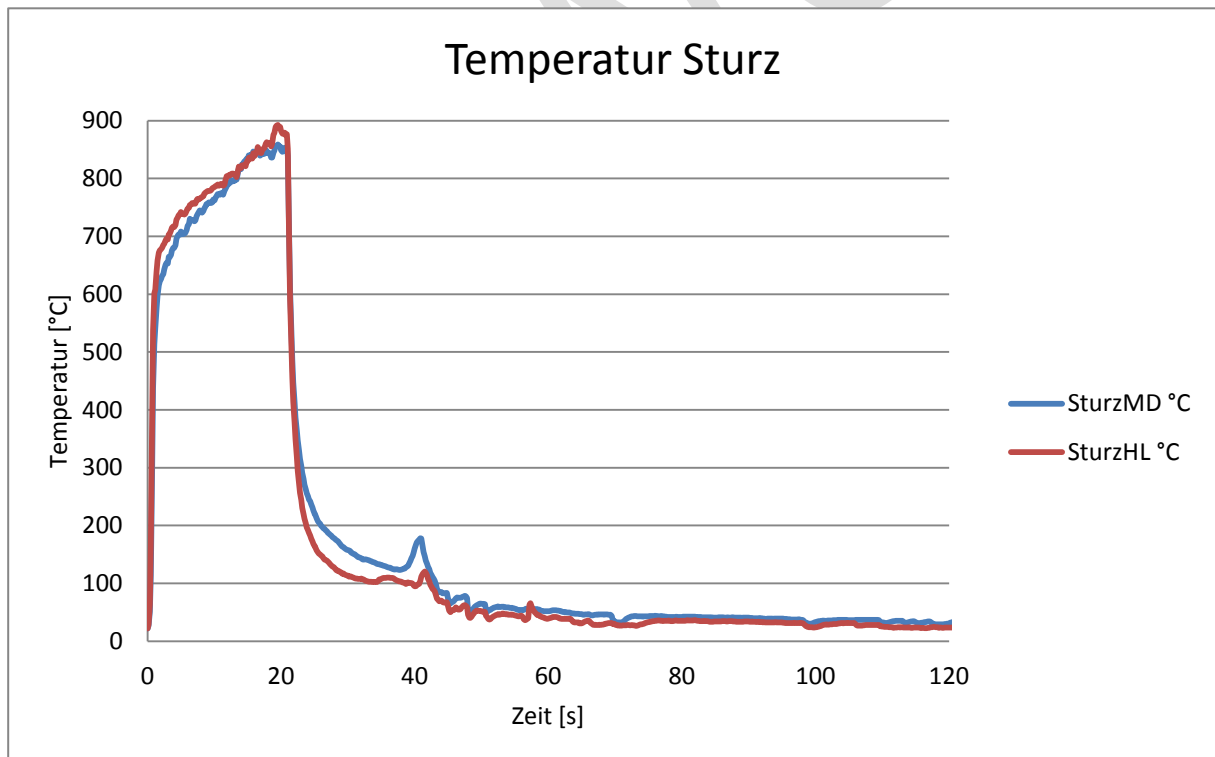
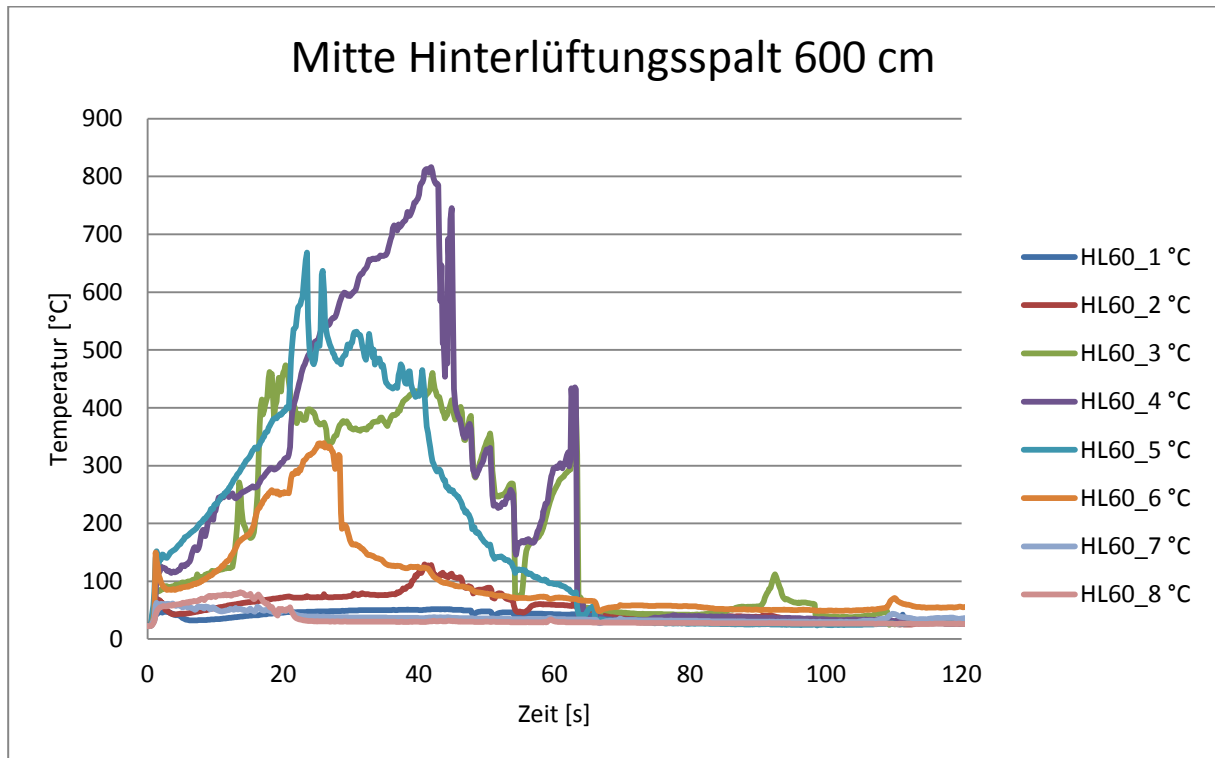
Anlage 3: Diagramme der Messstellen



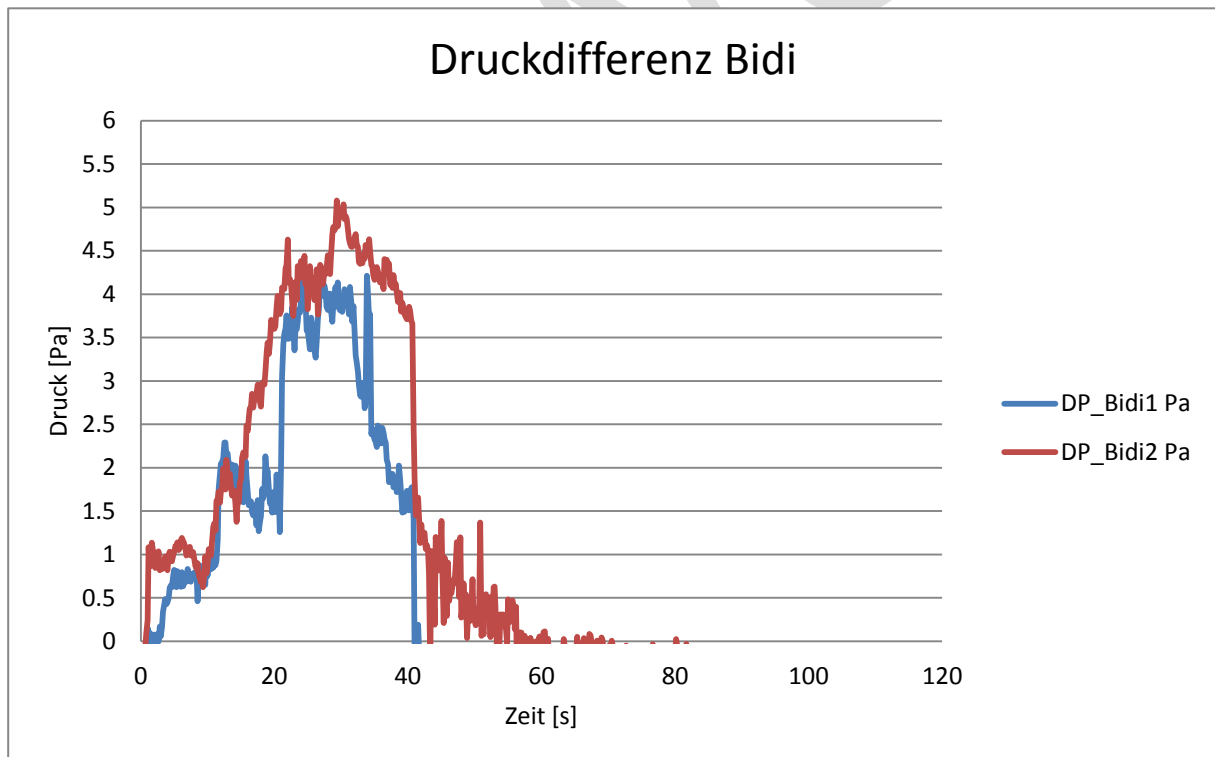
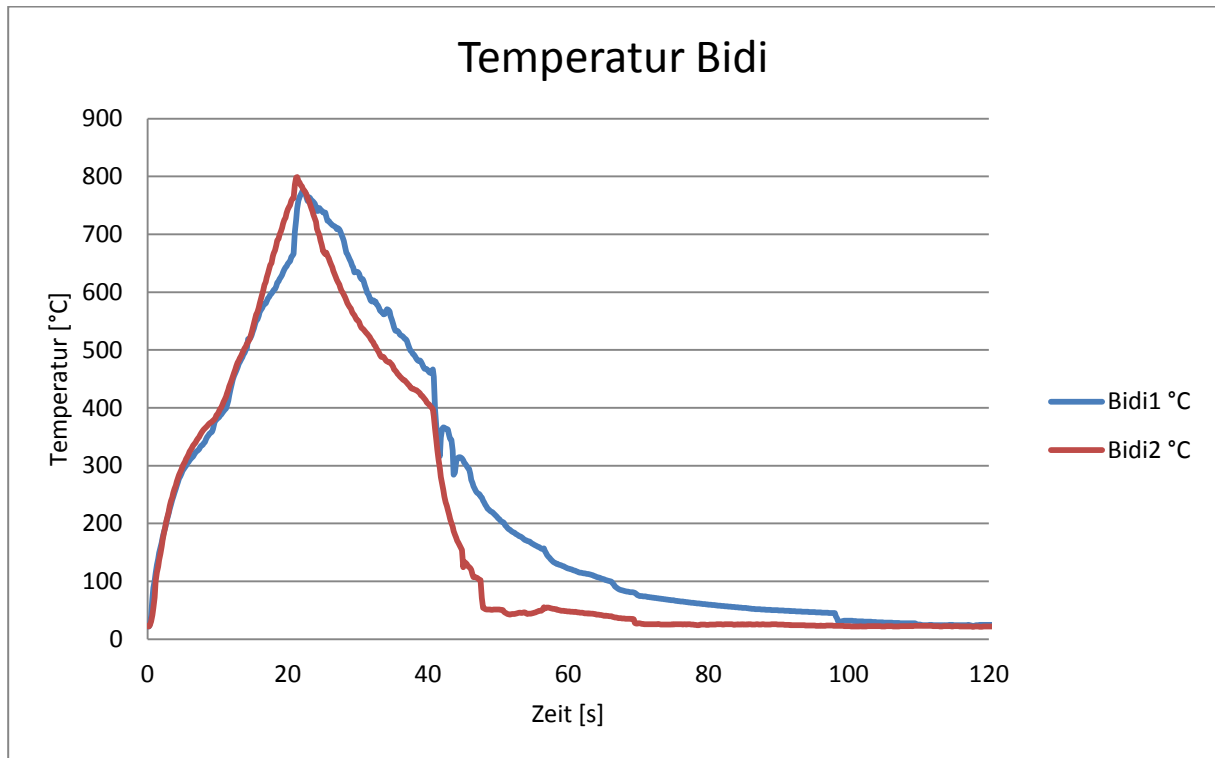
Anlage 3: Diagramme der Messstellen



Anlage 3: Diagramme der Messstellen



Anlage 3: Diagramme der Messstellen



Untersuchungsbericht

Dokumentennummer: (3620/067/11) – OR vom 12.10.2011

Auftraggeber: Eternit Aktiengesellschaft
Knesebeckstr. 59-61
10719 Berlin

Auftrag vom: 05.07.2011

Auftragszeichen: Herr Stark

Auftragseingang: 07.07.2011

Inhalt des Auftrags: Überprüfung der Brandausbreitung bei einer hinterlüfteten
Vorhangfassade der Firma Eternit

Prüfungsgrundlage: Anlehnung an Normvorschlag DIN 4102-Teil 20

Herstellung des Prüfaufbaus: 19.09 – 20.09.2011 durch den Auftraggeber

Untersuchungstermin: 22.09.2011

Dieser Untersuchungsbericht umfasst 10 Seiten inkl. Deckblatt und 3 Anlagen mit mehreren Blättern.

Der vorliegende Untersuchungsbericht ersetzt nicht den nach den Landesbauordnungen der Bundesrepublik Deutschland notwendigen allgemeinen bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweis

1 Allgemein

Durch Bestätigung des Auftrages vom 07.07.2011 hatte die MPA Braunschweig die Aufgabe eine Untersuchung an einer hinterlüfteten Fassadenkonstruktion der Firma Eternit durchzuführen. Das Brandszenario wurde vom Auftraggeber in Anlehnung an die Entwurf DIN 4102 Teil 20 festgelegt. Die Fassadenkonstruktion wurde hierzu durch den Auftraggeber auf den Fassadenprüfstand nach DIN 4102 Teil 20 der MPA Braunschweig installiert.

Im Rahmen des Auftrages sollte die Temperatur- und Brandausbreitung an einer hinterlüfteten Fassadenkonstruktion untersucht werden. Außerdem sollte bei der vorgesehenen Brandbeanspruchung untersucht werden, ob Teile der Fassade in Folge der thermischen Belastung von der Wand abfallen.

2 Beschreibung der untersuchten Fassadenkonstruktion

Die Beschreibung der untersuchten Fassadenkonstruktion beruht auf den Angaben des Auftraggebers.

2.1 Typ

Vorgehängte, hinterlüftete Fassadenbekleidung (VHF)

2.2 Unterkonstruktion

- Lattung und Konterlattung aus Fichten-Vollkonstruktionsholz B x H = 60 x 80 mm
- Verankerung im Versuchsstand der MPA Braunschweig an Porenbetonwand mit System „Würth“ W-UR 10+ Senkopfschraube, Stahl verzinkt M10x90 / 160
- Befestigung der Konterlattung auf Lattung mit „Würth“ ASSY plus Schrauben Senkfräskopf, AW 30, Typ 2, 6,0x120 / 66
- Abstellung der Lattung mit Alu-Band, im Bereich einzelner Lattungen 70 mm, im Bereich zweier nebeneinander liegenden Lattungen 130 mm

2.3 Wärmedämmung

- Mineralfaser Steinwolle nach DIN EN 13 162-T3-CS(10)0,5-TR1-WL(P)-MU1, System „Fixrock 035 VS“ Steinwolle Dämmplatte für hinterlüftete Fassade,
- Plattenmaß B x H = 1000 x 625 mm, Dicke t = 120 mm
- Brandklasse A1, nicht brennbar, nach EN 13501
- Mineralfaser Steinwolle zwischen Lattung Dicke 80 mm
- Mineralfaser Steinwolle zwischen Konterlattung Dicke 60 mm

2.4 Hinterlüftung

- freier Hinterlüftungsabstand ca. 20 mm, Hinterlüftung durch gesamte Fassadenfläche, da in Abhängigkeit vom Plattenraster horizontale Hinterlüftungsschlitze vorlagen

2.5 Fassadenbekleidung

- Eternit-Fassadentafel mit PRO-Beschichtung anthrazit NP 251
- Plattengröße 3130 x 1280 mm, Dicke 8 mm mit Stanzkante, vor Ort auf Maß geschnitten
- Befestigt durch Verschraubung jeder Tafel mit der Unterkonstruktion
- Eternit-Fassadenschrauben 5,5x35K15 anthrazit N251
- Eternit-Schraubenhülse 11,7/7,0x5,4, A2 Edelstahl

3 Prüfaufbau

3.1 Kurzbeschreibung des Prüfverfahrens

Auf einem witterungsunabhängigen Prüfstand wurde ein Ausschnitt der zu untersuchenden Fassadenkonstruktion durch den Auftraggeber montiert und durch eine Brandlast thermisch beansprucht. Als Brandszenario wurde seitens des Auftraggebers ein Szenario entsprechend Entwurf DIN 4102 Teil 20 vorgesehen. Dieses Szenario stellt einen Vollbrand in einem Raum mit zerborstener Scheibe in einem Geschoß in einer Lochfassaden dar. Der Brenner, der unterhalb eines Sturzes installiert ist, wird mit einem Propan –Luftgemisch betrieben und hat eine Leistung von etwa 340 kW.

3.2 Versuchsstand

Der Versuchsstand besteht aus zwei Porenbetonwänden, die im rechten Winkel zueinander angeordnet sind und zusammen eine Innenecke bilden. Die gesamte Breite des Versuchsstandes beträgt ca. 5 m und die Höhe ca. 6 m. An diesen Porenbetonwänden wurde die zu untersuchende Fassadenkonstruktion befestigt. Der Aufbau wurde auf den Hauptschenkel des Fassadenprüfstandes beschränkt.

Der Versuchsaufbau ist schematisch auf den Anlagen 1.1 bis 1.3 zu sehen.

Um eine Brandausbreitung im Hinterlüftungsspalt experimentell zu erfassen, wurden Thermoelemente auf die Unterseite der Eternit-Fassadentafeln platziert. Exemplarisch zeigt Anlage 1.15 (unten) die Befestigung der Thermoelemente auf der Tafel. Für den Fall, dass die Flammen in den Hinterlüftungsspalt eindringen und es zu einem Mitbrand der Lattung bzw. Konterlattung kommt brennt, zeigen die Thermoelemente eine Temperaturerhöhung an. Zusätzlich sind in den freien

Feldern, die die Oberfläche von Fenstern abbilden sollen, auf der Oberfläche des Prüfstandes Thermoelemente installiert. Einen Überblick über die Messtellen zeigt Anlage 1.4 und 1.5. Die Datenaufzeichnung wurde alle 10 Sekunden durchgeführt. Der Messstellenplan für die Datenaufzeichnung ist auf den Anlagen 1.5 (unten) dargestellt. Fotos des Aufbaus sind in Anlagen 1.6 bis 1.16 zu finden.

4 Versuchsdurchführung

- Fertigstellung des Versuchsaufbaus: 20.09.2011
- Durchführung des Brandversuchs: 22.09.2011
- An dem Brandversuch haben zwei Mitarbeiter des Auftraggebers und Aufbauers der Fassade (Firma Eternit AG, Herr Sieg und Herr Focke) teilgenommen. Zusätzlich war ein Fotograf (Herr Kolbeck vor Ort.
- Branderscheinungen:

Prüfminute	Branderscheinungen /Beobachtungen
<i>Beobachtung während der Belastung mit einem Gasbrenner über 30 Minuten (Prüfdauer)</i>	
0:00	Start Brenner
1:00	Rauchentwicklung, Knistern
2:10	Blasen an der Oberfläche der Eternitplatte
3:06	Flammen bis ca. 3 m über Sturz
6:33	Mitbrand der Beschichtung erkennbar
7:53	Flammen am oberen Lüftungsschlitz B1, Mitbrand Lattung / Konterlattung
11:00	Riss der Eternitplatte Feld E1 oben links
11:14	Aluminium tropft (nicht brennend) ab
15:54	Mitbrand Lattung zunehmen bei Feld E1
21:05	Brandverlauf relativ konstant
26:26	Sturz S1 fällt ab
30:00	Brenner aus
<i>Allgemeine Beurteilungen während der Prüfdauer</i>	
Rauch	mäßig
Brennendes Abtropfen bzw. Brennendes Abfallen	nein *)
Besonderheiten	keine
<i>Beobachtung im Anschluss an die Belastung durch einen Brenner (30. bis 60. Minute)</i>	
34:30	Flammen im Bereich E1/B1 nur noch temporär
46:47	Herabfallen der Fassadenplatte oberhalb des Brenners
*) Das abtropfende Aluminium konnte am Boden Reste einer Polystyrol-Hartschaumkruste in Brand setzen, die aber kein Einfluss auf den Brandverlauf hatte	

5 Temperaturmesswerte und Beobachtungen während des Versuchs

Die gemessenen Temperaturen sind auf den Anlagen 2.1 bis 2.4 dargestellt. Foto 1 zeigt eine Darstellung der aufgebauten Fassade mit den im Bericht gewählten Bezeichnungen für einzelne Elemente der Fassade.



Foto 1 Gewählte Bezeichnung für die Auswertung des Versuchs, Bezeichnungen (S: Sturz, B: Brüstung, E: Eternit-Fassadenplatte, F: Fenster, L: Laibung)

Die höchsten Temperaturen, abgesehen von der Temperatur in der Brennerflamme, werden an der Messstelle M6 und M9 innerhalb des Feldes E1 erreicht. Sie liegen bei etwas über 1000 °C am Ende der Prüfdauer von 30 Minuten. Hierbei handelt es sich um die Messstelle, die sich direkt unter der Oberfläche der Eternitplatte im Feld E1 oberhalb des Brenners auf der rechten Seite zwischen Sturz 1 und Brüstung 1 befinden. Der weitere Anstieg der Temperaturen der Messstellen M1 – M9 in der 27ten Minute deutet auf die flächige Entzündung der Lattung hinter dem Feld E1 hin.

Im Bereich des Sturzes S1 und der Brüstung B1 werden Temperaturen bis knapp über 1000 °C erreicht ebenfalls mit Beginn der 27ten Minute.

Im Bereich des Sturzes S2 werden Temperaturen zwischen 230°C und 300 °C erreicht, im Bereich der Brüstung B2 Temperaturen zwischen 150 °C und 180 °C.

Die Temperaturen entlang der Laibung B erreichen höhenabhängig zwischen 55 °C und 95 °C. Die höheren Temperaturen liegen im Bereich rechts neben dem Feld E1. Insgesamt fallen die Temperaturen in diesem Bereich moderat aus, der thermische Einfluss von der „Fensterachse“ (bzw. dem Feld E1) auf die rechts liegenden Fassadenelemente ist vergleichsweise gering.

Während der Brandbeanspruchung sind kleine Teile der Fassadenplatten aus dem Bereich des Sturz S1 herabgefallen. In der 46ten Minute fällt die Eternit-Fassadenplatte E1 oberhalb des Brenners herunter.

6 Beobachtung nach dem Brandversuch

Nach der Beflammung wurde die Bekleidung demontiert, um die Schädigung hinter der Bekleidung aus Eternit-Fassadenplatten festzustellen.

Foto 2 zeigt die Unterkonstruktion der Fassade nach Versuchsende (Darstellung des Feldes E1) oberhalb des Brenners. Foto 3 zeigt die Unterkonstruktion der Fassade nach Versuchsende, (Detaildarstellung des Feldes E1) oberhalb des Brenners im Anschluss zur rechtsliegenden Fassadenunterkonstruktion. Foto 4 zeigt die Unterkonstruktion der Fassade nach Versuchsende, (Darstellung des Feldes E2). Foto 5 zeigt die Unterkonstruktion der Fassade nach Versuchsende, (Detaildarstellung des Feldes E2) Mittelposten der Konterlattung im unteren Bereich des Feldes.



Foto 2 Unterkonstruktion Fassade nach Versuchsende, Darstellung des Feldes E1 oberhalb des Brenners



Foto 3 Unterkonstruktion Fassade nach Versuchsende, Detaildarstellung des Feldes E1 oberhalb des Brenners im Anschluss zur rechtsliegenden Fassadenunterkonstruktion



Foto 4 Unterkonstruktion Fassade nach Versuchsende, Darstellung des Feldes E2



Foto 5 Unterkonstruktion Fassade nach Versuchsende, Detaildarstellung des Feldes E2,
Mittelposten der Konterlattung im unteren Bereich des Feldes

7 Besondere Hinweise

- 7.1** Dieser Untersuchungsbericht dient als Grundlage für eine weitere gutachterliche Stellungnahme des Auftraggebers.
- 7.2** Der Untersuchungsbericht ersetzt nicht den nach den Landesbauordnungen der Bundesrepublik Deutschland notwendigen allgemeinen bauaufsichtlichen Nachweis.
- 7.3** Das brandschutztechnische Gesamtkonzept ist nicht Gegenstand dieses Untersuchungsberichtes.
- 7.4** Die ordnungsgemäße Ausführung liegt ausschließlich in der Verantwortung der ausführenden Unternehmen.
- 7.5** Das Ergebnis aus dieser Untersuchung gilt nur für den durch diesen Bericht beschriebenen Aufbau, die Art der vorgenommenen Belastung und der damit verbundenen Fragestellungen.

i.A.

ORR. Dr.-Ing. Blume
Stellvertretender Abteilungsleiter

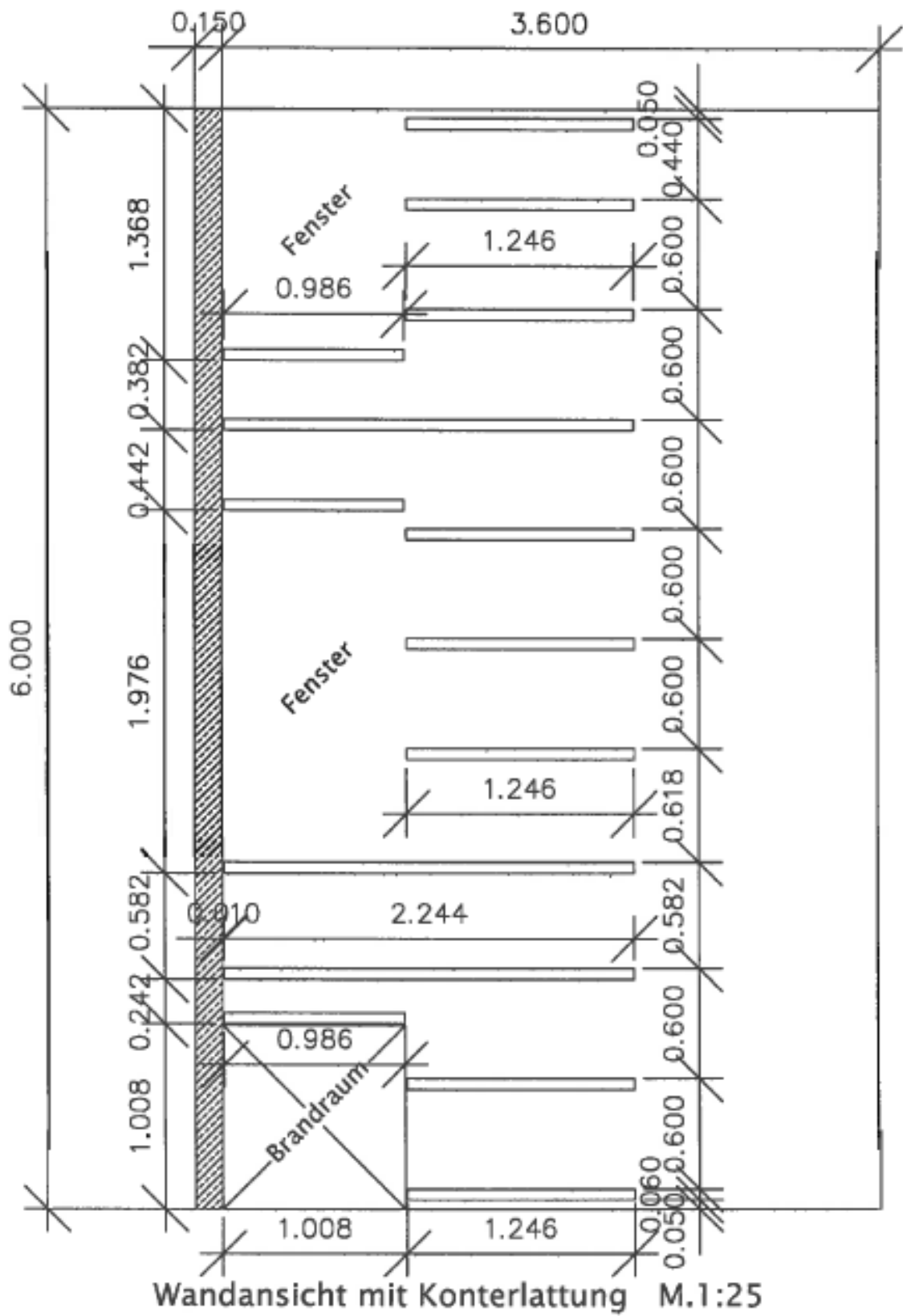
i.A.

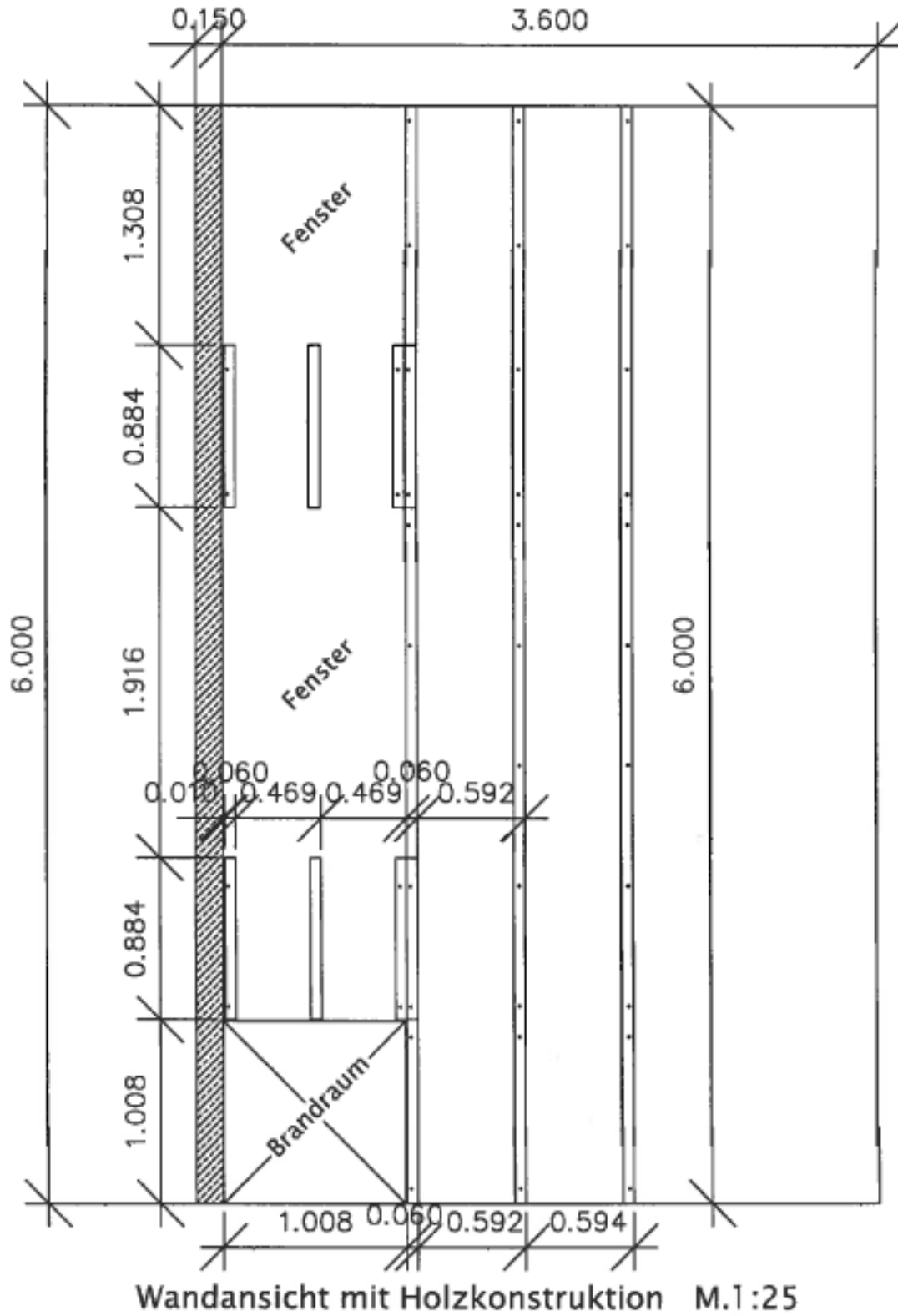
Dr.-Ing. Riese
Sachbearbeiter

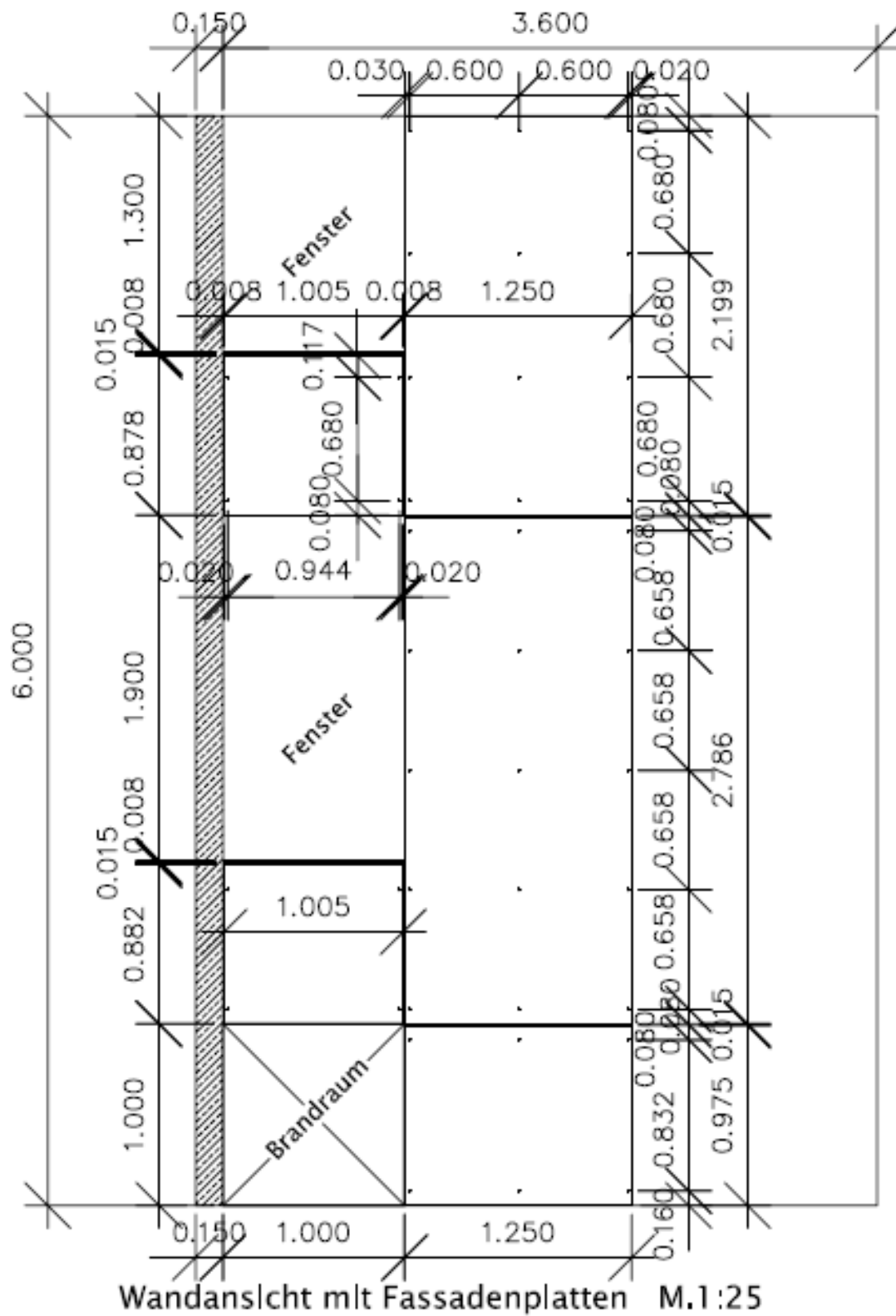
Braunschweig, 12.10.2011

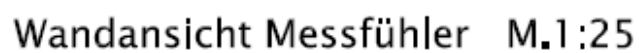
Anlagen:

- | | | | |
|-----|---|------|--------------------------------|
| 1.1 | - | 1.16 | Versuchsaufbau und Messstellen |
| 2.1 | - | 2.4 | Diagramme der Messwerte |
| 3.1 | - | 3.1 | Fotodokumentation |

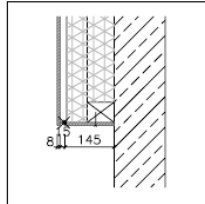






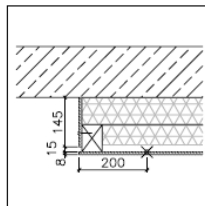


Detailpunkte M.1:10



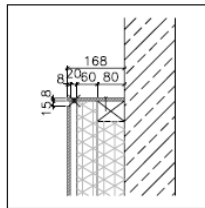
Detail-Sturz (S1) / (S2)

M 49 – M 51
M 55 – M 57



Detail-Leibung (L)

M 37 – M 48



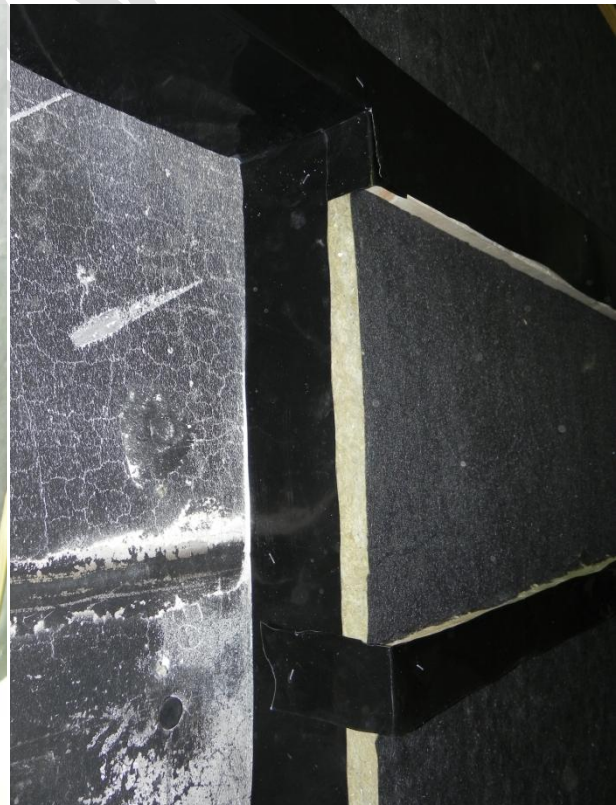
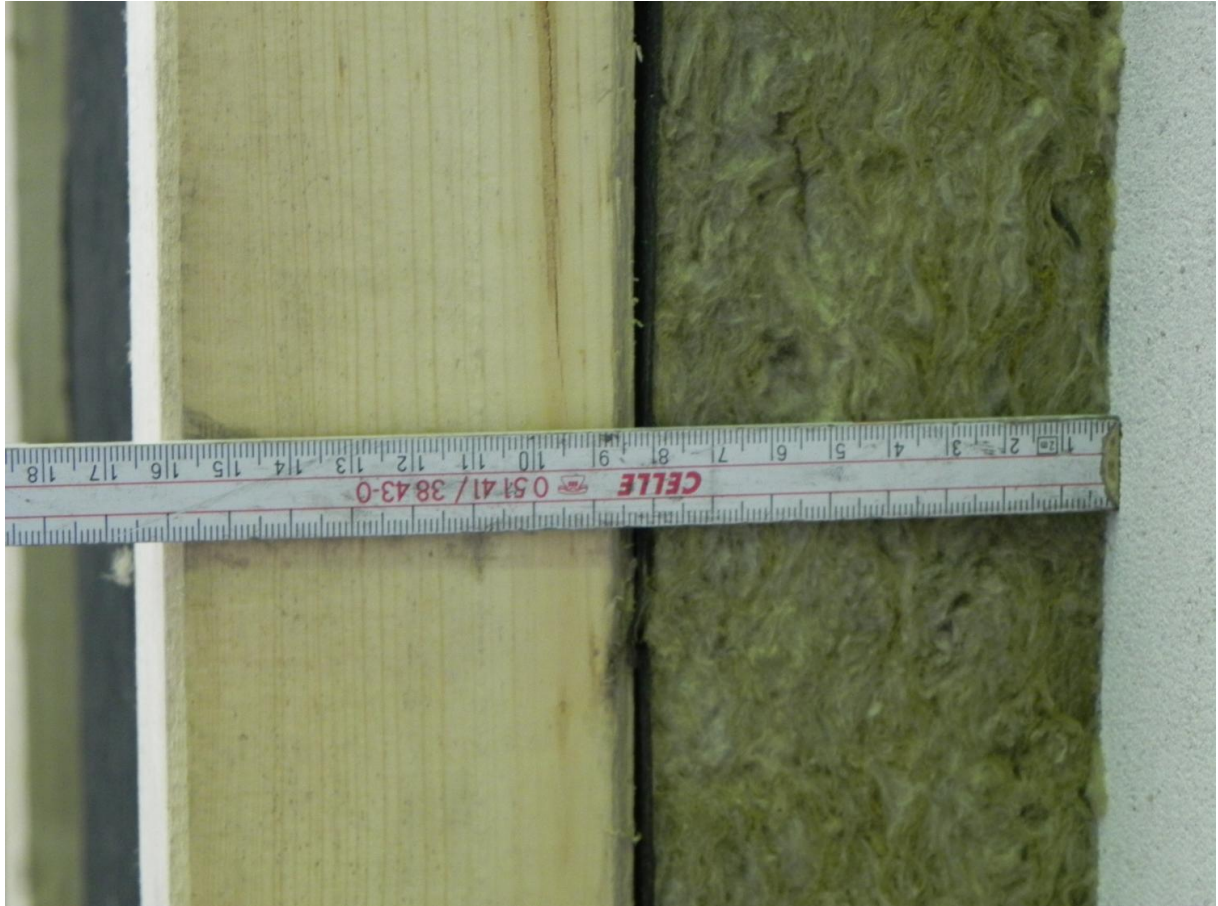
Detail-Brüstung (B1) / (B2)

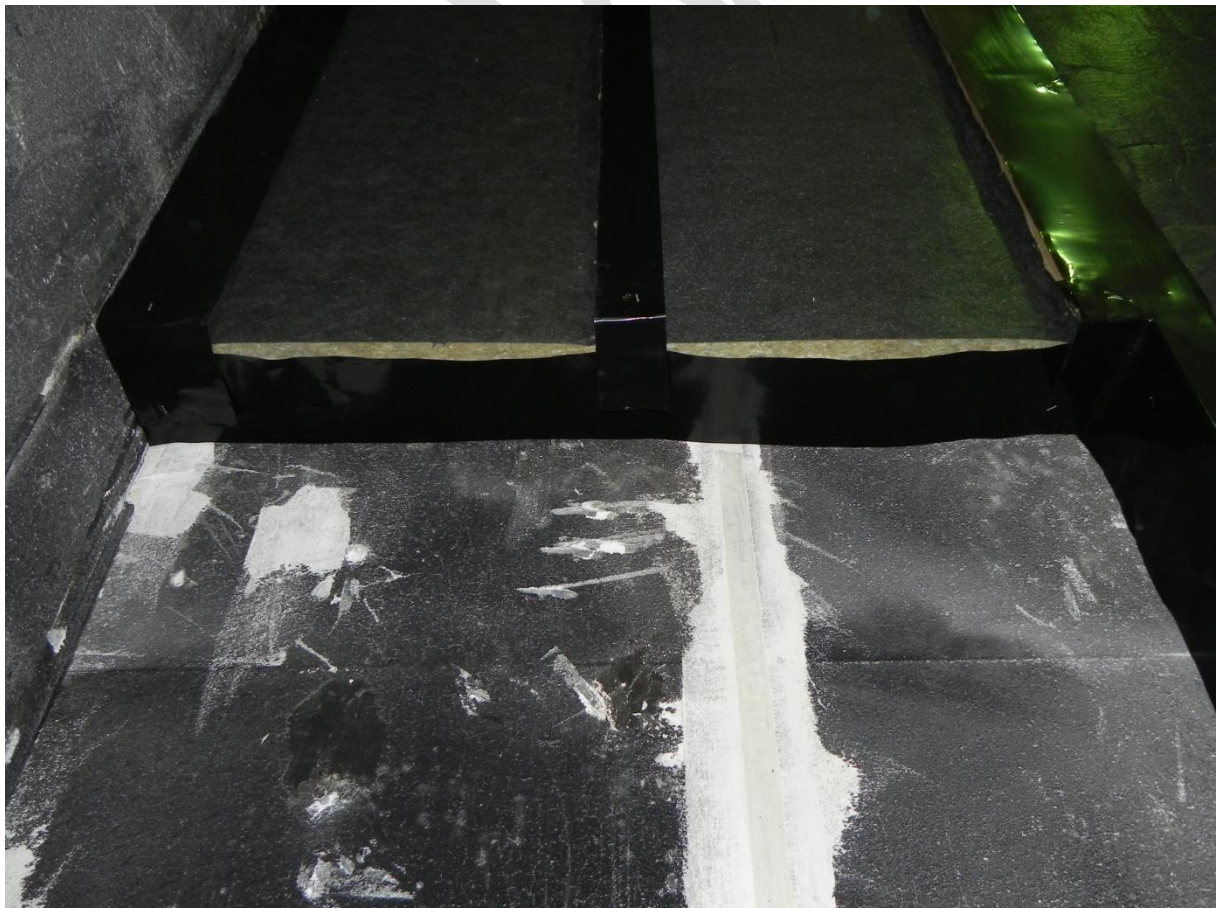
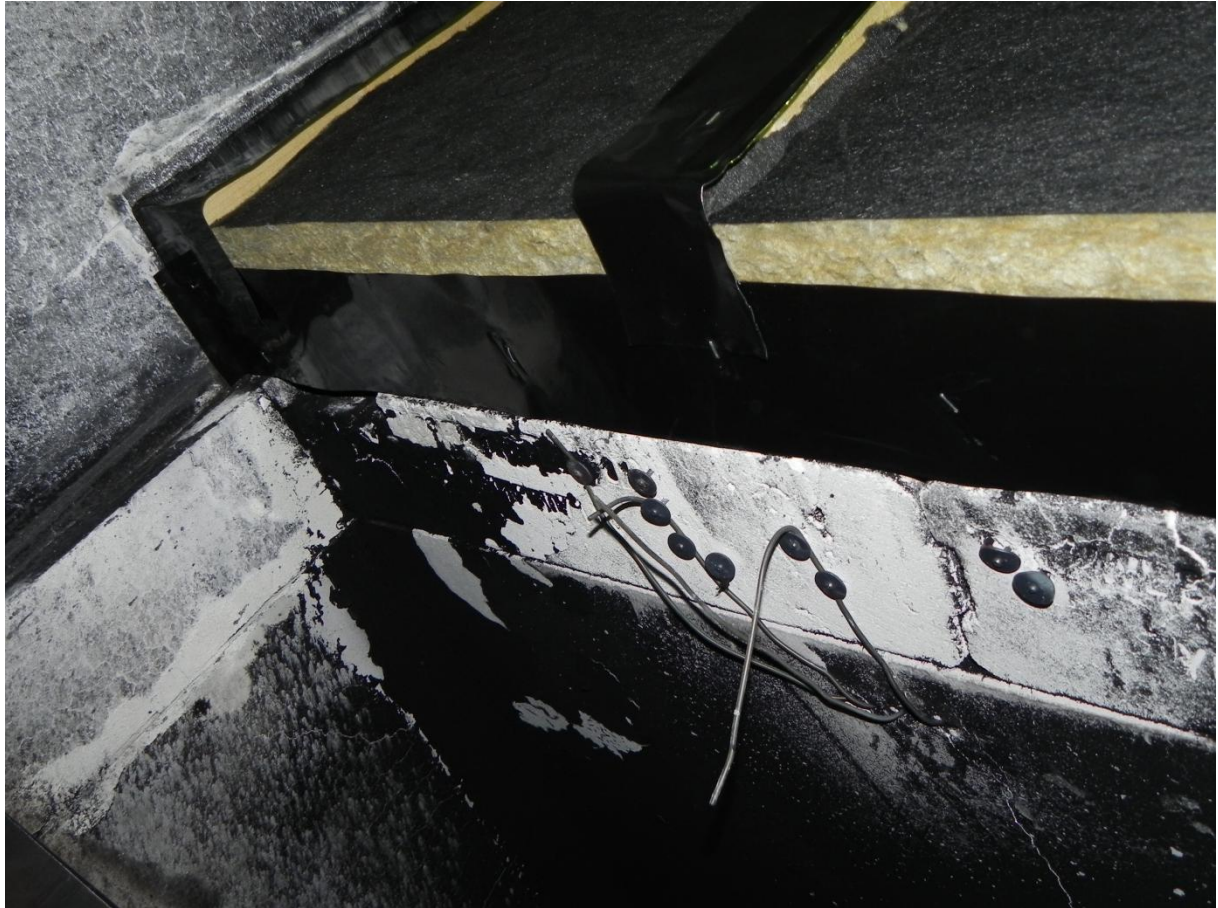
M 34 – M 36
M 52 – M 54

Tableau Fassadenprüfstand

C 021 – C 029	M1 – M9 Feld E1	°C	-
C 030 – C 038	M10 – M18 Feld F1	°C	-
C 039 – C 047	M19 – M27 Feld E2	°C	-
C 048 – C 053	M28 – M33 Feld F2	°C	-
C 054 – C 056	M34 – M36 Brüstung B1	°C	-
C 057	M 37 nicht belegt		
C 058 – C 068	M38 – M36 Laibung L	°C	-
C 069 – C 071	M49 – M51 Sturz S1	°C	-
C 072 – C 074	M52 – M54 Brüstung B2	°C	-
C 075 – C 077	M55 – M57 Sturz S2	°C	-



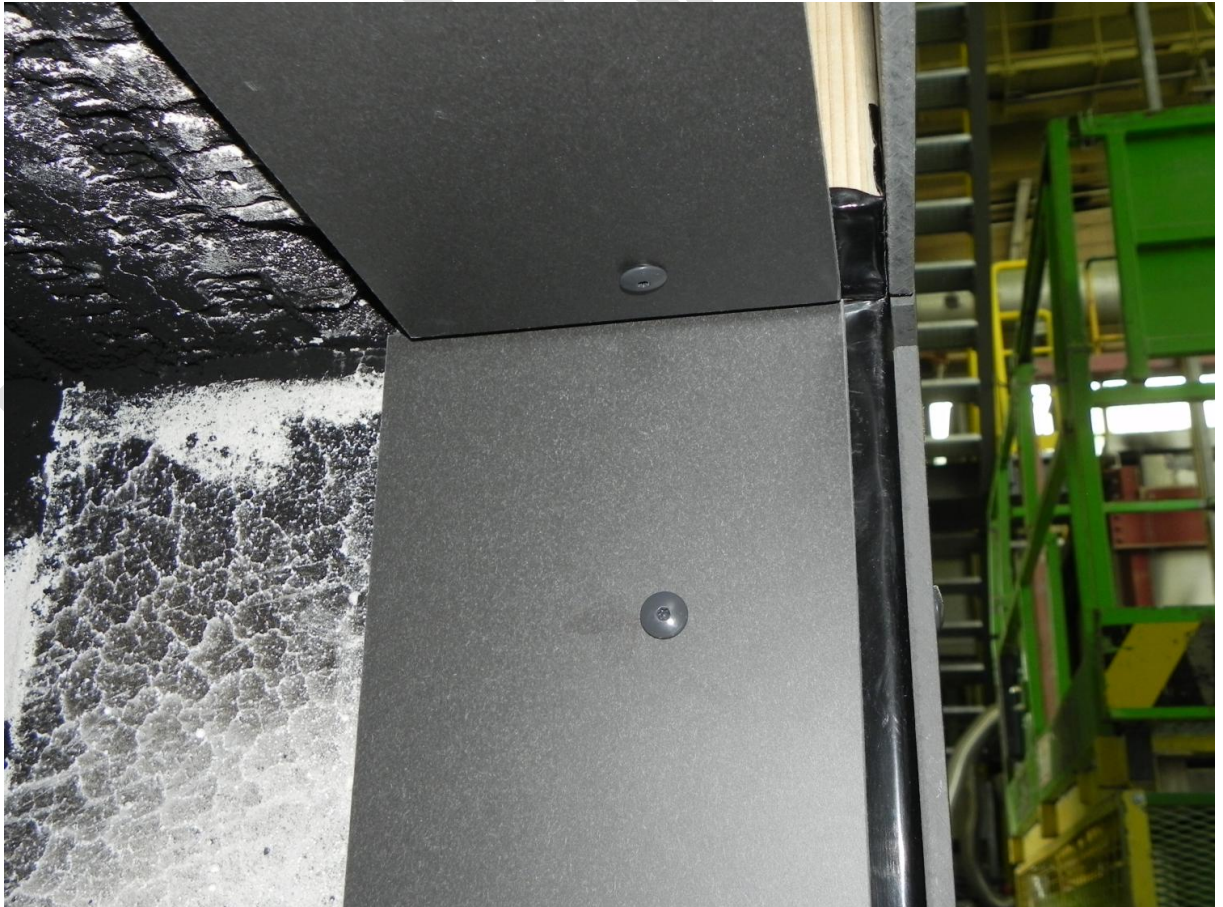




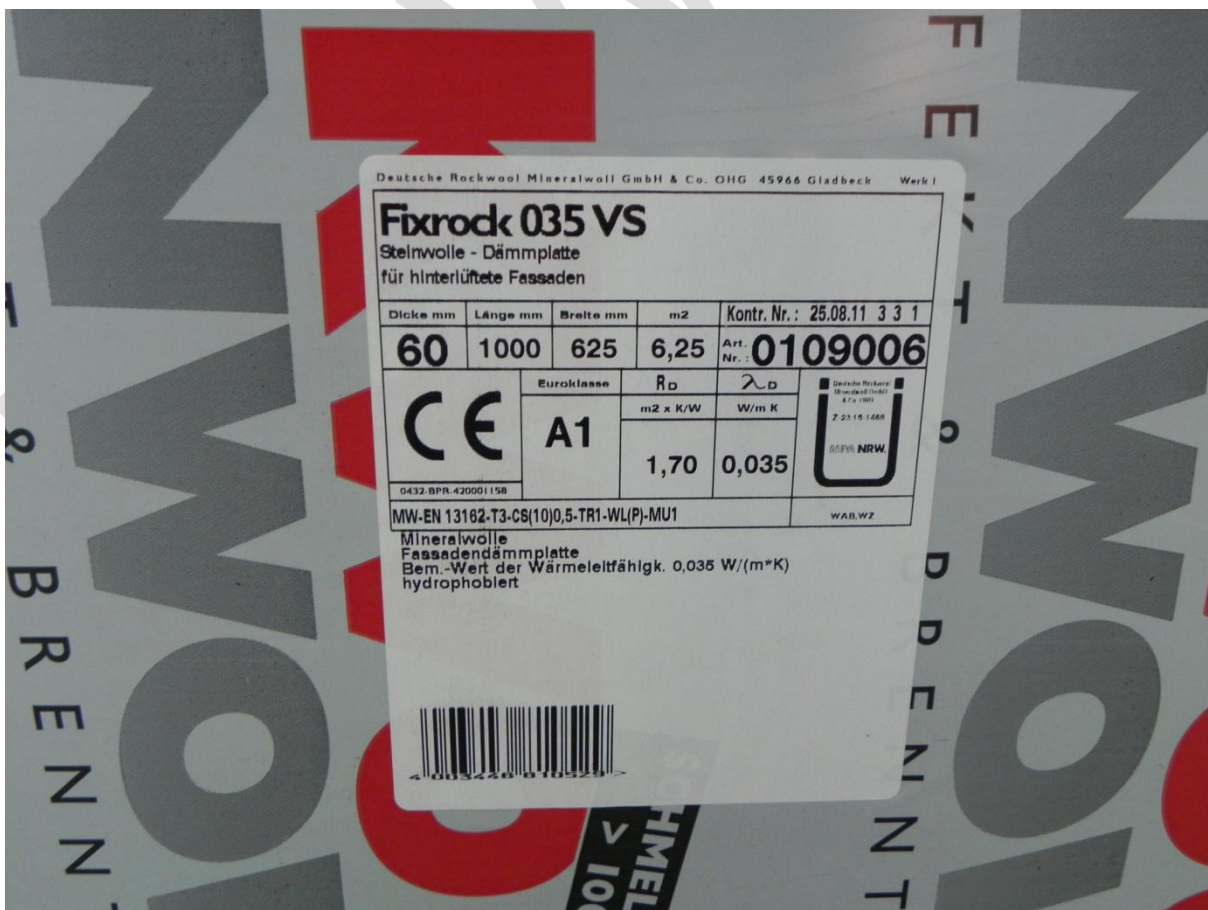
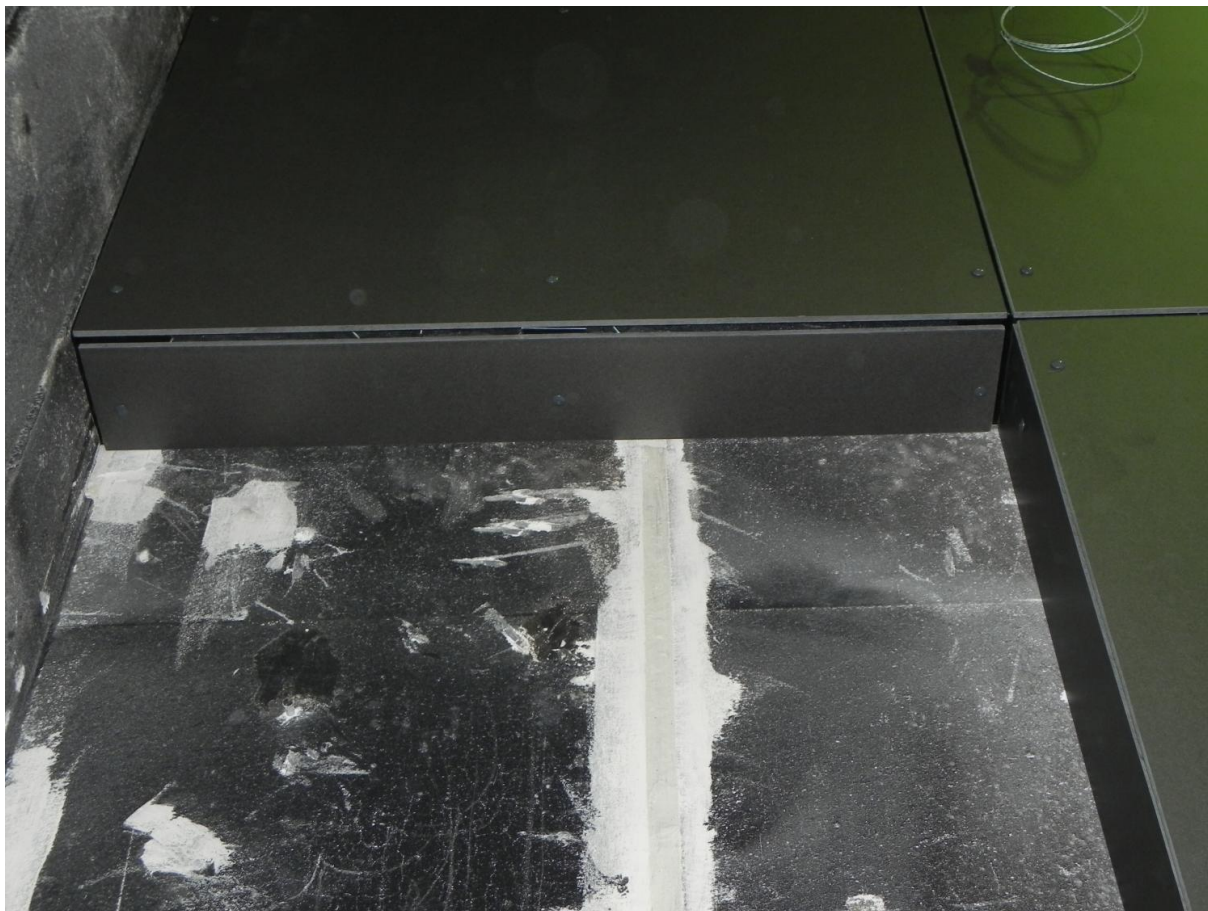


Bezeichnungen (S: Sturz, B: Brüstung, E: Eternit-Fassadenplatte, F: Fenster, L: Laibung)











Auslieferung

zur Lieferung

5003759405 / 000030

Schraubenhülse 11,7/7,0x5,4
Ø 11,7 mm aussen
Ø 6,0 mm Loch
A2 Edelstahl
Karton á 250 St

Empfänger
MPA Braunschweig

Kommission

Stück/Palette **1**

EAN-Artikelnummer

Braunschweig

Auslieferung

zur Lieferung

5003759405 / 000020

Fass.Schr.5,5x35K15 anthr. N251 Kt = 250

Empfänger
MPA Braunschweig

Kommission

Stück/Palette **1**

EAN-Artikelnummer

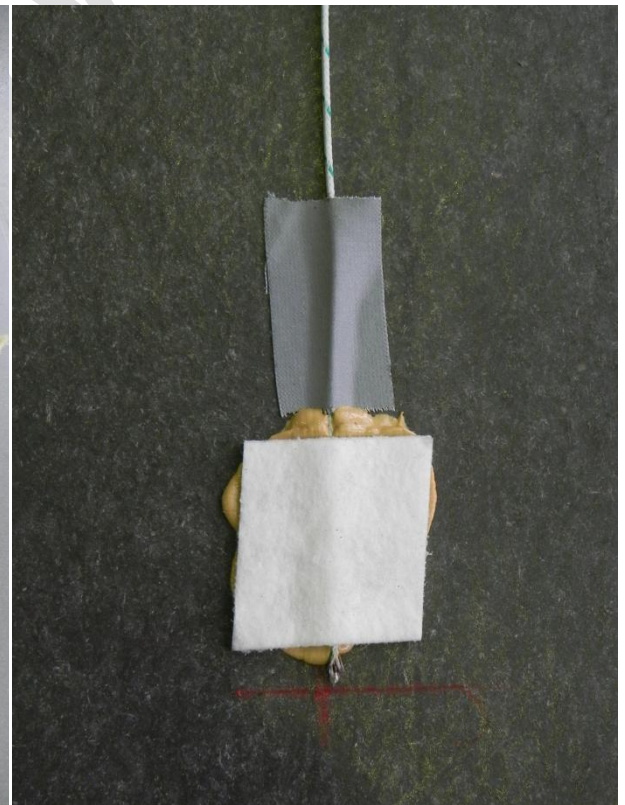
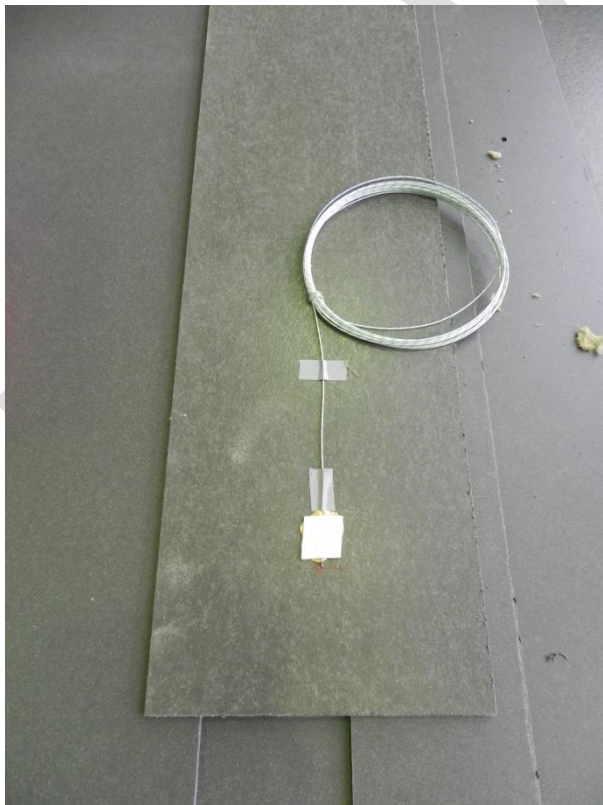
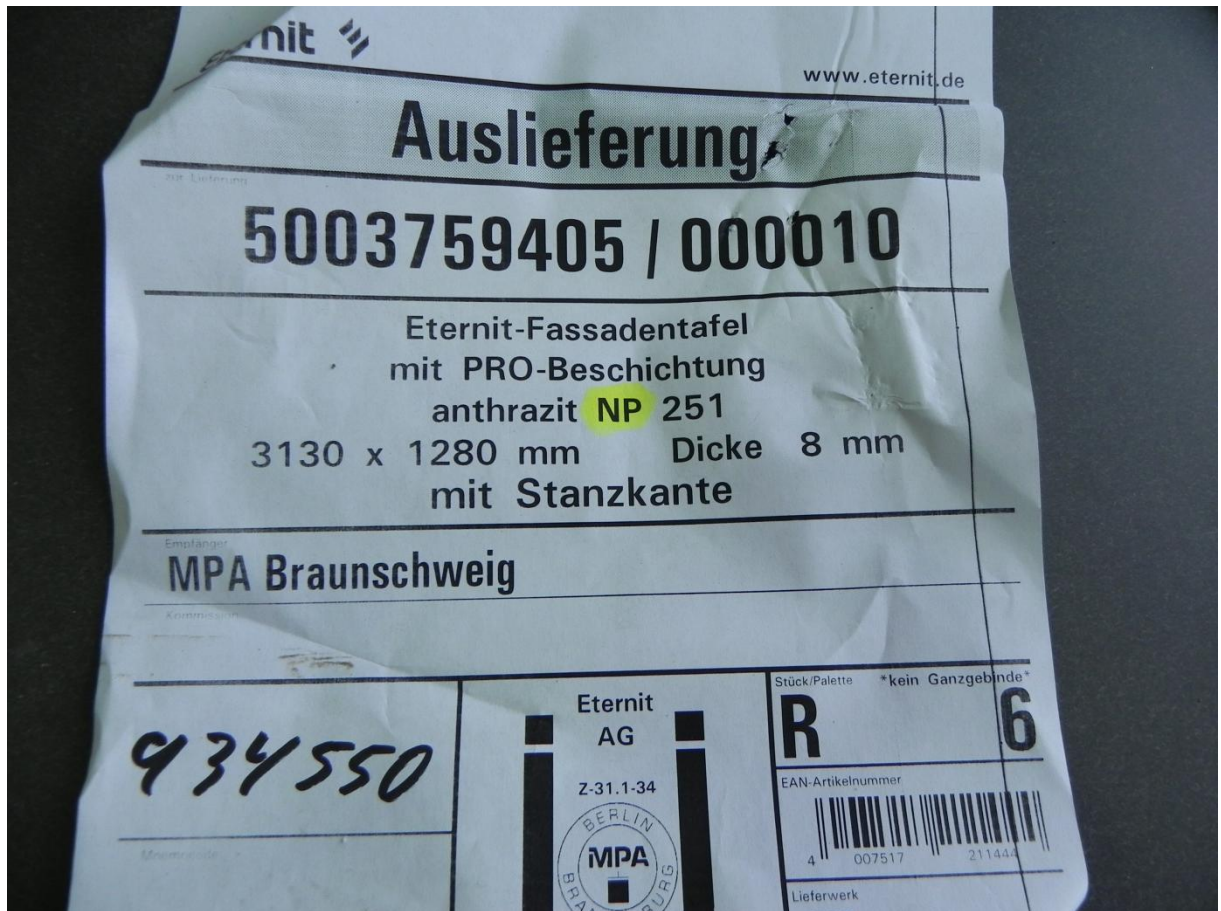
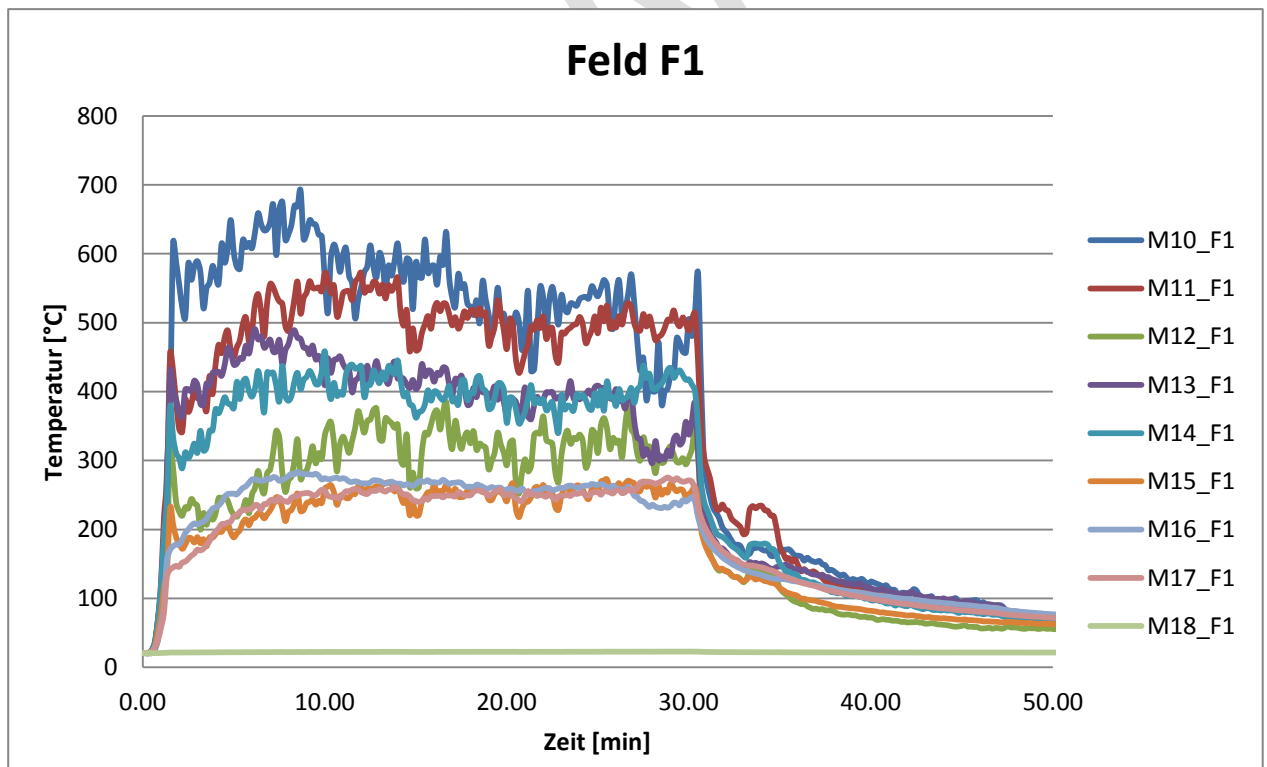
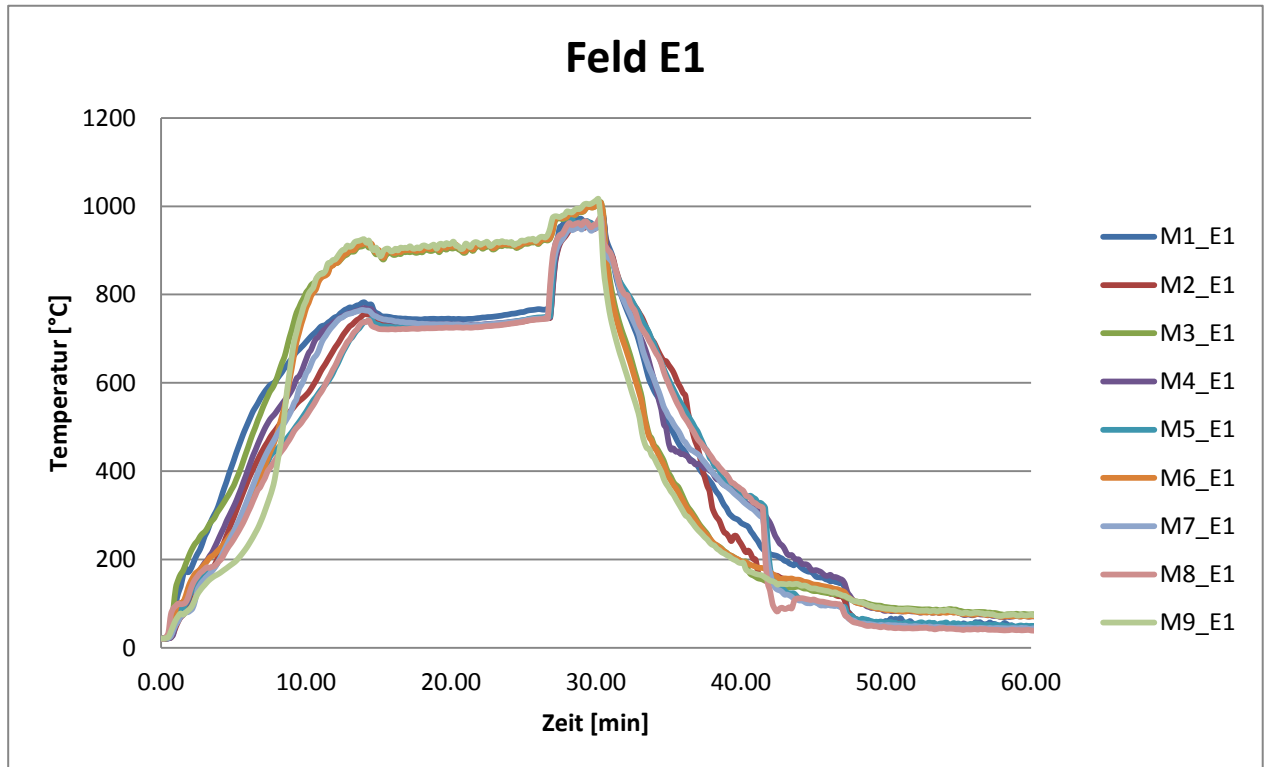
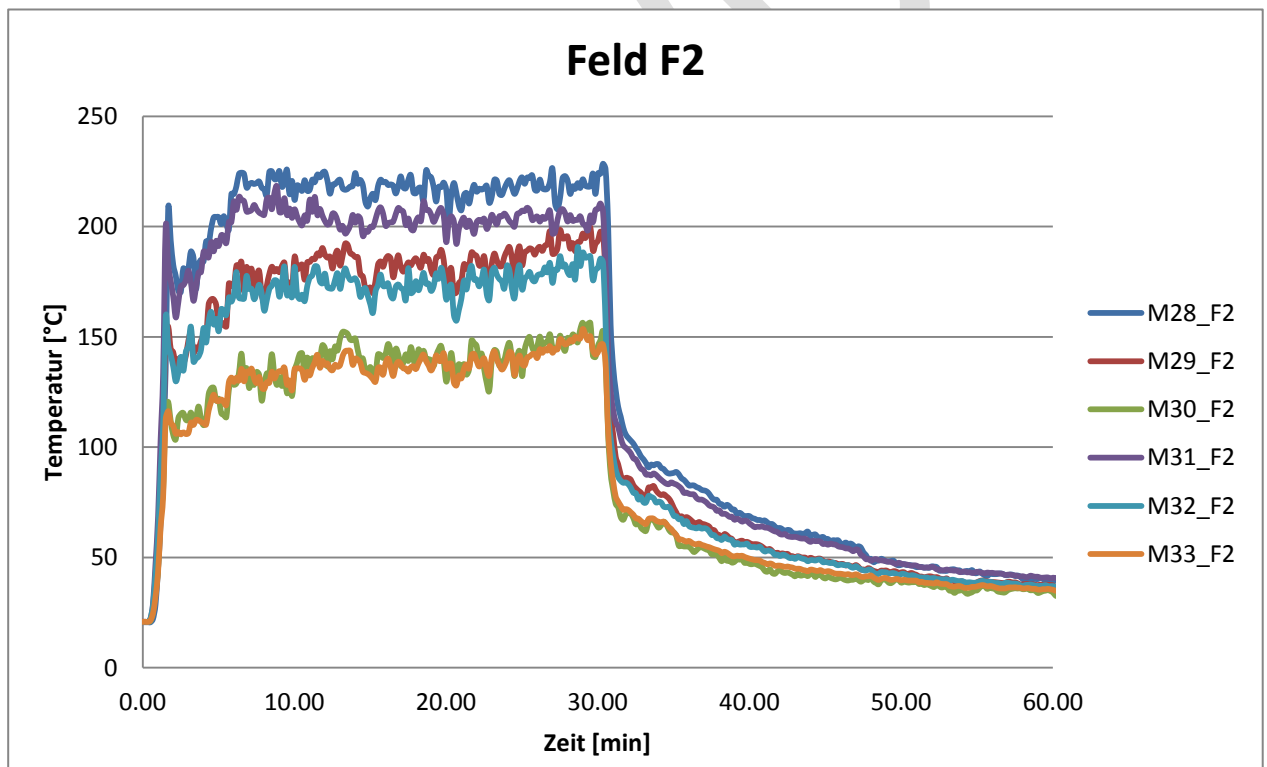
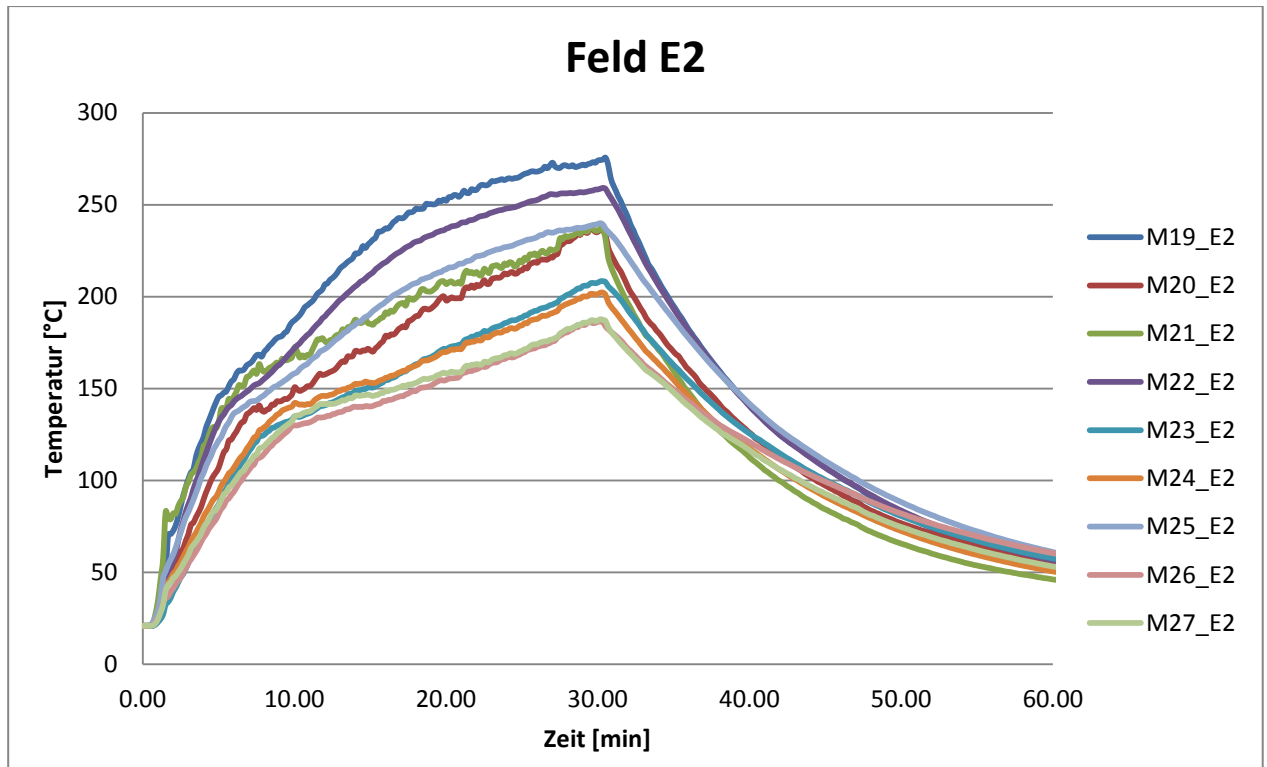
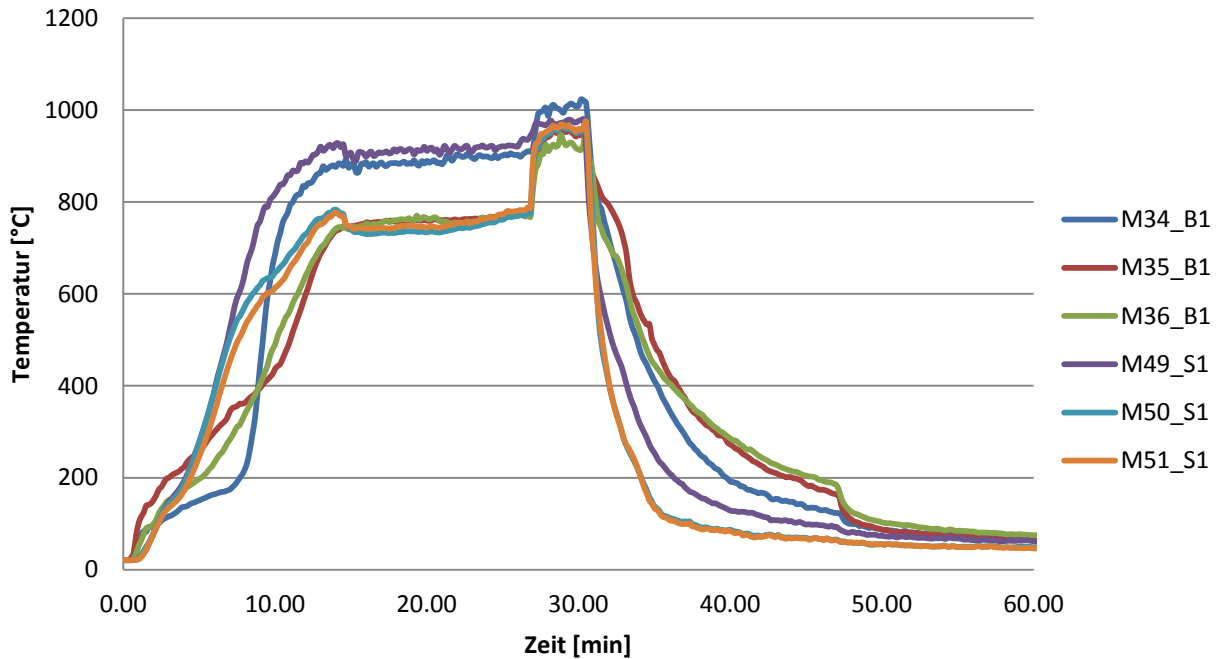


Diagramme der Messstellen

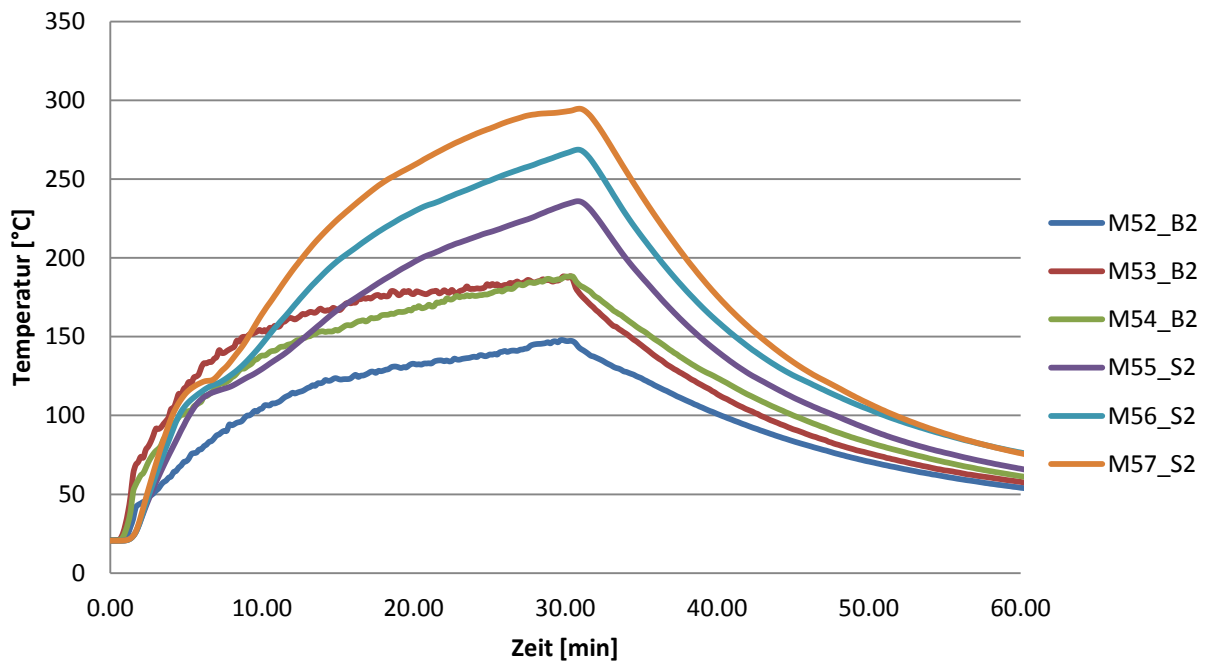


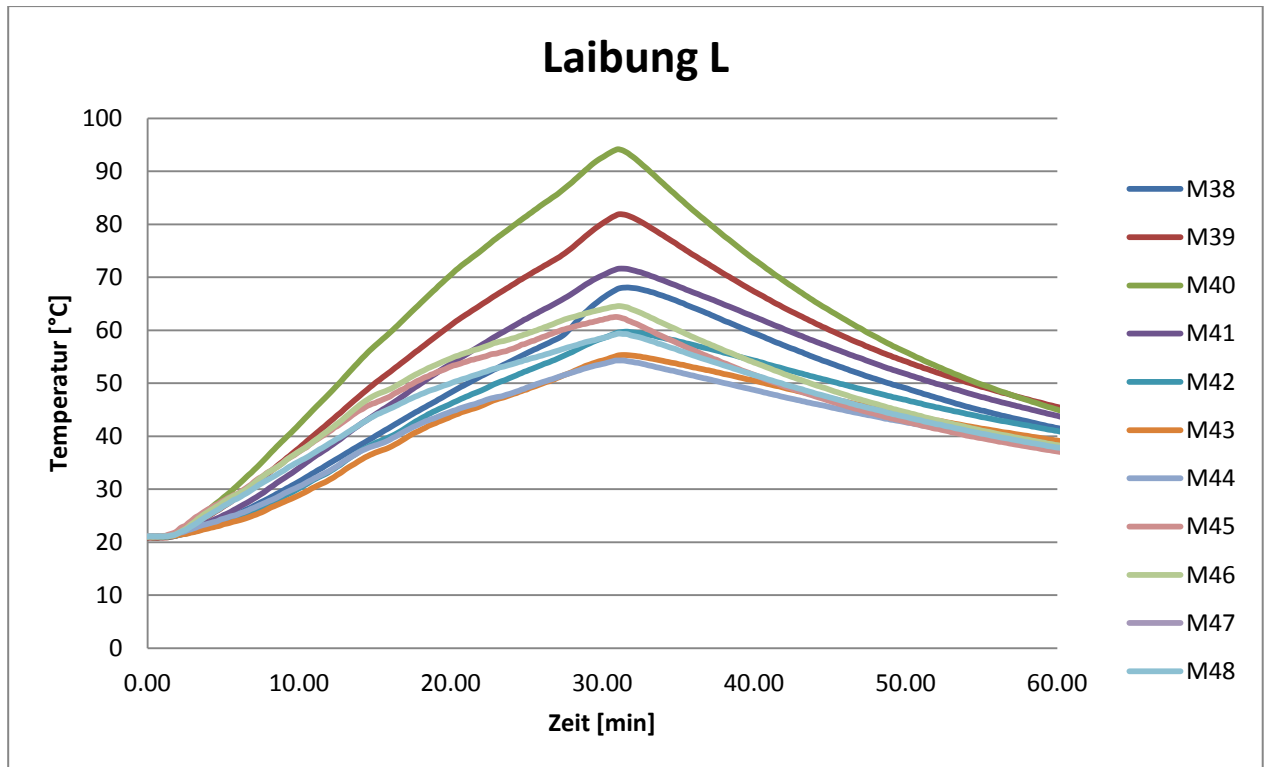


Brüstung B1 / Sturz S1



Brüstung B2 / Sturz S2





Fotodokumentation Versuch

Fotodokumentation liegt durch Fotografen im Auftrag des Auftraggebers vor. Muss an dieser Stelle entsprechend ergänzt werden.

ENTWURF

Potsdam, den 09.04.2013

Aufgabenstellung der Diplomarbeit
zur Erlangung des akademischen Grades
„DIPLOMINGENIEUR“

für Meike Kardacki

Matr. Nr. [REDACTED]

Betreuer: Prof. Dipl.-Phys. Rüdiger Lorenz, FH-Potsdam (Erstgutachter)
Dipl.-Ing. Matthias Thiemann, Architekt,
Prüfingenieur für Brandschutz
Ing. Büro: hhpberlin - Ingenieure für Brandschutz GmbH

Thema: Brandschutz bei vorgehängten hinterlüfteten Fassaden

Motivation und Aufgabenstellung

Im § 28 der Musterbauordnung (MBO) werden die Anforderungen an Außenwandbekleidungen aufgeführt. Hierzu gehören auch die vorgehängten hinterlüfteten Fassaden. Für diese wird allgemein auf Grundlage der geschossübergreifenden Hohlräume gefordert, besondere Vorkehrungen gegen die Brandausbreitung zu treffen. Diese allgemeine Regelung wurde in der Liste der technischen Baubestimmungen (LTB) und in der DIN 18516 konkretisiert.

In der bevorstehenden Diplomarbeit sollen zum Thema „Brandschutz bei hinterlüfteten vorgehängten Fassaden“ besonders zwei prägnante Fragen recherchiert und ausgearbeitet werden:

1. Wie können die momentan geforderten Regelungen technisch umgesetzt werden?
2. Wie können diese vorhandenen Regelungen in der Zukunft gehandhabt aber vor allem erleichtert werden?

Die Untersuchung möglicher Vereinfachungen erforderlicher Brandschutzmaßnahmen ist dabei deshalb von besonderem Interesse, weil die Umsetzung der bisher nach der LTB geforderten Maßnahmen zu schweren bauphysikalischen Beeinträchtigungen des Gesamtsystems vorgehängte hinterlüftete Fassade führen kann. Als Ergebnis dieses Umstands gehen die Marktanteile solcher Systeme bereits stark zurück. Angesichts vielfältiger Vorteile, die vorgehängte hinterlüftete Fassaden ansonsten haben, sind mögliche Vereinfachungen hier also von besonderem Interesse.

Die Firma „Enternit“ hat auf Grundlage der aktuellen Regelungen zwei Brandversuche an den vorgehängten hinterlüfteten Fassadensystemen durchgeführt. Die daraus resultierenden Protokolle stehen für die Diplomarbeit zur Verfügung.

Umfang

Die Aufgabenstellung beinhaltet die Recherche, die Durchsicht und Auswertung der Vorschriften, sowie Protokolle zu den Brandversuchen, welche von „Eternit“ zur Verfügung gestellt werden. Als Resultat sollen Möglichkeiten der Erleichterung oder neuen Bewertung der vorgehängten hinterlüfteten Fassaden erarbeitet werden.

Als Leitfaden für die Bearbeitung der Fragestellung wird folgende Systematik vorgeschlagen:

- (1) Recherche zu den Aufbauten und Befestigungssystemen hinterlüfteter Fassaden
- (2) Recherche zu den momentan geforderten Richtlinien und Kriterien für vorgehängte hinterlüftete Fassaden (Ausgangspunkt § 28 /MBO/).
- (3) Herleitung und Erläuterung der Vorschriften.
- (4) Erläuterung der Notwendigkeit für die Durchführung und die Erwartungen an die Brandversuche.
- (5) Beschreibung der Brandversuche (Aufbau, Durchführung)
- (6) Analyse und quantitative Bewertung der entstandenen Temperaturen und Vorkommnisse bei den einzelnen Brandversuchen.
- (7) Variantenentwicklung auf der Basis der durchgeführten Recherchen und Auswertung für Erleichterungen bzw. Veränderungen der vorhandenen Bewertungskriterien.

Form

Die Arbeit ist zweifach in gedruckter Form sowie als digitale Version (PDF-Datei) auf einem Datenträger abzugeben. Die Arbeit muss eine deutschsprachige Kurzfassung (Abstract) enthalten. Die Aufgabenstellung und die Verfassererklärung müssen der Diplomarbeit beigelegt sein.

Ferner ist ein Poster im Format DIN A0 zu erstellen, auf dem die wesentlichen Ergebnisse der Arbeit zusammengefasst werden. Dieses Poster ist drei Tage vor dem Termin für das Diplomkolloquium sowohl als Ausdruck als auch digital als pdf-Datei abzugeben. Falls diese Bedingung nicht erfüllt ist, wird das Diplomkolloquium durch den Vorsitzenden des Prüfungsausschusses abgesetzt.

Bearbeitungsdauer: 12 Wochen

Prof. Rüdiger Lorenz