

**Brandverhalten von
Wärmedämm-Verbundsystemen
mit Polystyrol-Dämmstoff**
**Untersuchung des Brandverhaltens von
WDVS bei Brandbeanspruchung
im Sockelbereich**

T 3360

T 3360

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

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

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

© by Fraunhofer IRB Verlag

2018

ISBN 978-3-7388-0222-1

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

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00

Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

Abschlussbericht

DIBt-Geschäftszeichen: P-52-5-4.192-1461/14

09. August 2016

1. Ausfertigung

Forschungsvorhaben:

Brandverhalten von Wärmedämm- Verbundsystemen mit Polystyrol-Dämmstoff

Untersuchung des Brandverhaltens von WDVS bei
Brandbeanspruchung im Sockelbereich

Auftraggeber:

Deutsches Institut für Bautechnik
Referat Brandverhalten von Baustoffen, Brandschutzbeschichtungen
Kolonnenstraße 30 B
D - 10829 Berlin

Dieser Untersuchungsbericht besteht aus 25 Seiten und 16 Anlagen.
Die Anhänge D bis P sind nicht zur Veröffentlichung freigegeben.

Inhalt

1	Einleitung.....	3
2	Wahl des Prüfzenarios Sockelbrand	4
2.1	Wahl der Primärbrandquelle	4
2.2	Prüfstand.....	9
3	Sockelbrandversuche an WDVS mit EPS-Dämmstoff.....	9
3.1	Grundversuch 1.....	10
3.2	Grundversuche 2 und 3.....	15
4	Vergleich der Versuchsergebnisse	17
5	Zusammenfassung und Empfehlungen.....	22

Anlagen

1 Einleitung

Gemäß den Landesbauordnungen der deutschen Bundesländer müssen Oberflächen von Außenwänden sowie Außenwandbekleidungen von Gebäuden der Gebäudeklasse 4 oder 5 einschließlich der Dämmstoffe und Unterkonstruktionen schwerentflammbar (B1 nach DIN 4102-1 [1]) sein.

Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) mit Polystyrol-Hartschaum (EPS für expandiertes Polystyrol) als Dämmstoff benötigen für die Verwendung als Außenwandbekleidung in der Bundesrepublik Deutschland eine Zulassung des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt). Voraussetzung hierfür ist, dass die Außenwandbekleidung durch Laborprüfungen die Klassifizierung schwerentflammbar B1 erreicht. Für die Zulassung von WDVS mit über 100 mm EPS-Dämmstoffdicke werden darüber hinaus üblicherweise zusätzliche Brandversuche im Maßstab 1:1 zur weiteren Beurteilung und Verifizierung des Brandverhaltens gefordert. Dabei wirken Flammen aus einem Fenster auf eine Außenwandbekleidung ein. Als Brandquelle wird eine Holzkrippe oder ein Gasbrenner verwendet. Die so untersuchten WDVS werden als Gesamtsysteme unter Berücksichtigung geeigneter Brandschutzmaßnahmen in die Baustoffklasse B1 nach DIN 4102-1 eingeordnet. Für schwerentflammbare EPS-basierte WDVS werden in den Zulassungen mindestens alle zwei Stockwerke umlaufende Brandriegel aus Mineralwolle oder über jeder Öffnung ein Sturzschutz aus Mineralwolle als Brandschutzmaßnahme gefordert (vgl. [2]).

Die Projektgruppe „Brandverhalten von WDVS“ der Bauministerkonferenz der Länder analysierte eine von Feuerwehren erstellten Liste von Brandereignissen an WDVS mit dem Ergebnis, dass die von den Feuerwehren beobachteten Ereignisse brennender Abfallbehälter oder Kraftfahrzeuge im Sockelbereich von mit EPS-WDVS bekleideten Außenwänden eine Gefahr darstellen könnten.

Gemäß Protokoll der Sitzung dieser Projektgruppe vom 26.04.2013 und als Ergebnis der 124. Sitzung der Bauministerkonferenz der Länder sollte in einem Forschungsvorhaben untersucht werden, ob zur Ertüchtigung gegen bestimmte Außenbrandszenarien weitere zusätzliche konstruktive Veränderungen EPS-basierter WDVS erforderlich sind. Konkret sollte überprüft werden, ob

- horizontal umlaufende Brandriegel auch bei Dicken des Polystyrol-Hartschaum-Dämmstoffs von weniger als 100 mm,
- zusätzliche Verwendung eines horizontal umlaufenden Brandriegels im Sockelbereich des WDV-Systems,
- geschossweise Anbringung des Brandriegels und
- die Anbringung eines horizontal umlaufenden Brandriegels am Übergang von wärmegeädmmtem und überdachten Bereich (z. B. Teilüberdachung eines Balkons) zu der aufgehenden Fassade

vorgesehen werden müssten.

Als Referenzbrandszenario der Untersuchung sollte der Brand eines gefüllten Abfallbehälters aus Kunststoff dienen, der auch das Risiko eines brennenden Kleinwagens, eines Motorrads oder kleinerer Sperrmüllansammlungen vor der Fassade abdeckt.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden die forschenden Stellen (Mitgliederliste siehe Anlage A) beauftragt, eine repräsentative Brandquelle für Großbrandversuche im Maßstab 1:1 zu definieren. Mit dieser sollte daran anschließend die brandschutztechnische

Wirksamkeit noch festzulegender konstruktiver Ertüchtigungsmaßnahmen EPS-basierter WDVS untersucht werden.

Der vorliegende Bericht stellt die Vorgehensweise der forschenden Stellen dar und fasst die Untersuchungsergebnisse zusammen. Abschließend wird eine Empfehlung für das weitere Vorgehen gegeben.

2 Wahl des Prüfzenarios Sockelbrand

In einem ersten Schritt wurde eine Primärbrandquelle gesucht, die das Brandverhalten der Referenzbrandquelle (gefüllter Abfallbehälter mit Mischmüll, Kunststoff und/oder Papier) repräsentiert und eine maximale Wärmefreisetzungsrate von 2,4 MW besitzt. Die Eignung der Primärbrandquelle sollte anhand des Maximalwerts und dem zeitlichen Verlauf der Wärmefreisetzungsrate realistischer Brandquellen verifiziert werden.

In einem zweiten Schritt wurde ein repräsentatives EPS-basiertes WDVS gewählt an dem Brandversuche im Maßstab 1:1 mit der gewählten Primärbrandquelle durchgeführt werden sollten. Für die Untersuchungen wurde ein eckförmiger Prüfstand verwendet, der jedoch größer als der im Rahmen der Zulassungsverfahren verwendete Fassadenprüfstand (vgl. DIN E 4102-20 [3]) war.

2.1 Wahl der Primärbrandquelle

Die großmaßstäblichen Brandversuche sollten das Szenario eines brennenden, mit Mischmüll gefüllten Abfallbehälters aus Kunststoff darstellen¹.

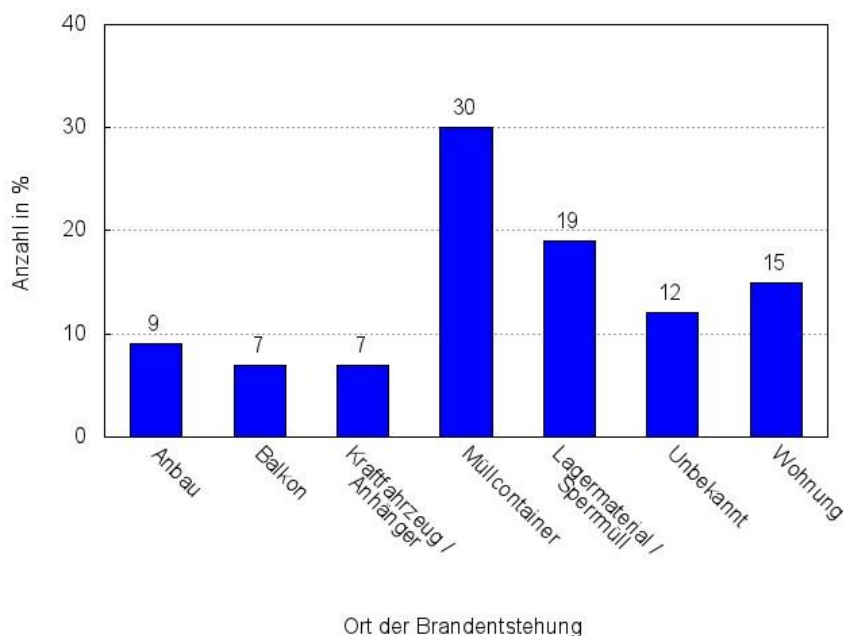


Abbildung 1: Auswertung von 67 Brandereignissen mit EPS-basierenden WDVS nach Ort der Brandentstehung und Häufigkeit. [4]

¹ Es wird davon ausgegangen, dass nur ein Abfallcontainer brennt. Das gleichzeitige Brennen von mindestens zwei Abfallcontainern, z. B. durch Brandstiftung, unterliegt dem akzeptierten Risiko.

Auf Grundlage bisheriger Untersuchungen wurde hierbei angenommen, dass hinsichtlich der maximalen Wärmefreisetzungsrates auch die Wirkung vor der Außenwand brennender Kleinwagen, Motorräder oder kleinerer Sperrmüllansammlungen auf die Fassade abgebildet wird. [2]

Brände außerhalb eines Gebäudes direkt an der Fassade können sowohl auf dem angrenzenden Gelände als auch auf Außenbauteilen wie Balkonen und Loggien entstehen. Allerdings ist bei Balkonen und Loggien aufgrund ihrer begrenzten Abmessungen die Größe der Brandlast limitiert. Eine größere Gefährdung geht dagegen vom Abbrand eines PKWs oder eines Abfallbehälters im Sockelbereich aus. An der MFGA Leipzig wurden dazu bereits in den späten 1990er Jahren eine Reihe von Untersuchungen mit verschiedenen Brandquellen durchgeführt, die von außerhalb auf die Fassade eines Gebäudes einwirken können und die zu diesem Zweck vor einer geraden Versuchswand (keine Eckwand) angeordnet waren. Anhang M enthält eine Übersicht der damals geprüften Brandquellen und der Ergebnisse dieser Untersuchungen.

Äquivalent zu einem mit Mischmüll gefüllten Abfallbehälter aus Kunststoff sollte die für die großmaßstäblichen Brandversuche zu verwendende Primärbrandquelle eine maximale Wärmefreisetzungsrates von ca. 2,4 MW erreichen und die Wärmefreisetzung dem zeitlichen Ablauf des Abbrandes näherungsweise entsprechen. Auf die Verwendung von Abfallbehältern in den Grundversuchen selbst wurde verzichtet, da bei einer solchen Brandquelle keine Wiederholbarkeit oder Reproduzierbarkeit des Brandverlaufs garantiert werden konnte.

Unter Berücksichtigung von Erfahrungswerten der forschenden Stellen wurde daher eine 200 kg Fichtenholzkrippe als Brandquelle vorgeschlagen.

Als Grundlage für die Entscheidung der Auswahl einer geeigneten Primärbrandquelle wurden auf dem Versuchsgelände Laue der MFGA Leipzig mehrere so genannte Nullversuche durchgeführt. Untersucht wurde hierbei das Abbrandverhalten von:

1. einem Abfallbehälter mit Papierfüllung (Bericht siehe Anlage D),
2. einem Abfallbehälter mit Kunststofffüllung (Bericht siehe Anlage E),
3. einem nebeneinander angeordneten Abfallbehälter mit Papierfüllung einem Abfallbehälter mit Kunststofffüllung (Bericht siehe Anlage G) sowie
- 4.-6. insgesamt 3 Versuche mit je 200 kg Holzkrippe mit einer Masse von 200 kg (Bericht siehe Anlagen F, H und I).

Die Ergebnisse in Form von Temperaturen unmittelbar über der jeweiligen Brandquelle sind in Abbildung 1 zusammengefasst und können im Detail den Anlagen entnommen werden.

Ergebnisse in Form von Isothermen sind Tabelle 1 zu entnehmen.

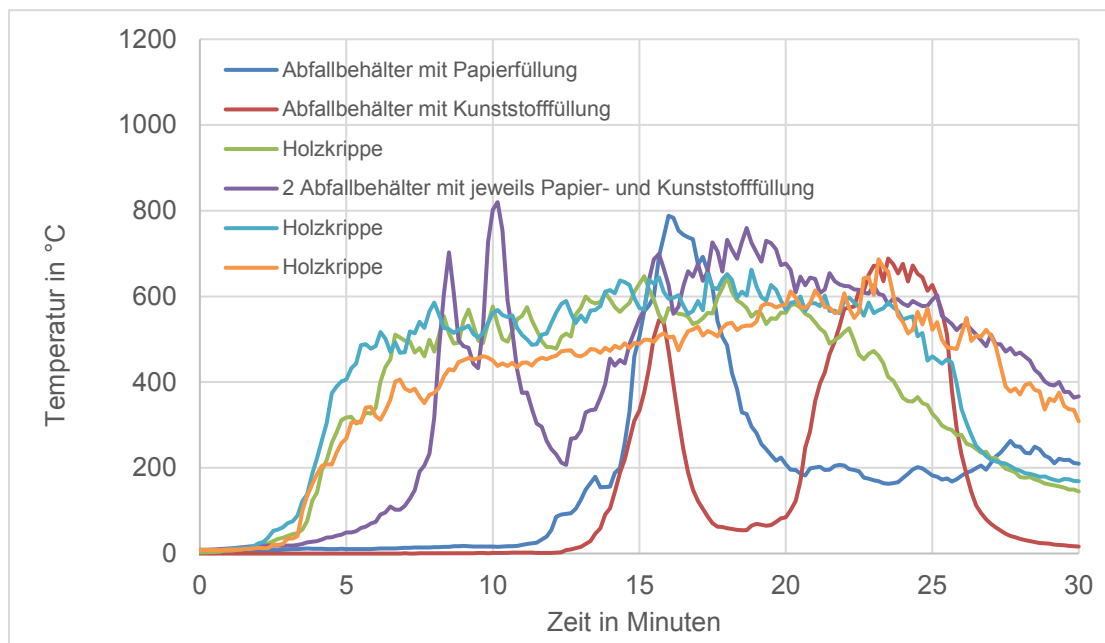


Abbildung 2: Arithmetisch gemittelte Temperaturen über der Brandquelle in Abhängigkeit der Zeit.

Der Vergleich der Ergebnisse (siehe auch Anlage M) liefert folgende Aussagen:

- Der brennende Papiercontainer ist weniger kritisch als die 200 kg Holzkrippe.
- Der brennende Abfallbehälter mit Kunststofffüllung zeigt ein deutlich kritischeres Abbrandverhalten als der Abfallbehälter mit Papierfüllung. Die gemessenen Wärmefreisetzungsraten sowie die insgesamt freigesetzte Wärme nach 30 Minuten liegen auf einem ähnlichen Niveau wie bei der 200 kg Holzkrippe, wobei die maximale Wärmefreisetzungsraten sogar etwas höher als die der Holzkrippe ist. Die Flammenlängen sind aber deutlich niedriger als bei der Holzkrippe.
- Die Kombination aus Abfallbehälter mit Kunststofffüllung sowie Abfallbehälter mit Papierfüllung ist bzgl. der maximalen Wärmefreisetzungsraten und der gesamten freigesetzten Wärme als kritischer anzusehen als die Holzkrippe.

Zum Abbrandverhalten der 200 kg Fichtenholzkrippe :

- Die Vorgabe einer zu verwendenden Primärbrandquelle mit ca. 2,4 MW mit der Holzkrippe mit einem Spitzenwert von ca. 3,0 MW (berechnet anhand des Heizwerts und der gemessenen Massenabbrandraten) wird erfüllt.
- Es entsteht ein höherer stabiler Flammenplume und es wird nach ca. 30 Minuten Branddauer mehr Gesamtwärmemenge frei als beim Brand eines einzelnen Abfallbehälters mit Kunststoff- oder Papiermüll. Auch übliche kleinere Sperrmüllansammlungen oder Kleinfahrzeuge werden damit abgedeckt.
- Die Holzkrippe stellt hinsichtlich ihrer wesentlichen Abbrandkennwerte eine gut reproduzierbare Primärbrandquelle dar.
- Die Holzkrippe erzeugt eine stärkere Brandbeanspruchung als die des im Rahmen von Zulassungsverfahren verwendeten Gasbrenners (0,35 MW maximale Wärmefreisetzungsraten im Brandraum).

Im Hinblick auf den Maximalwert sowie den zeitlichen Verlauf der Wärmefreisetzungsrate wird durch die Holzkrippe eine ähnlich kritische Beanspruchung wie durch einen mit Papier oder Kunststoff gefüllten Abfallbehälter erzeugt. Für die Grundversuche wurde daher die 200 kg Holzkrippe (Abbildung 2) als repräsentative Primärbrandquelle festgelegt.

Der Aufbau der Holzkrippe wurde wie folgt definiert:

- Die Holzkrippe wird aus Fichtenholzstäben mit einem Querschnitt von 4 cm x 4 cm aufgebaut (Rohdichte $475 \pm 25 \text{ kg/m}^3$).
- Die Holzstäbe werden in wechselnden Lagen derart aufgeschichtet, dass eine 1,1 m x 1,1 m x 0,8 m (L x B x H) große Holzkrippe mit 16 cm Bodenabstand entsteht.
- Das Verhältnis Holz : Luft beträgt ca. 1 : 1.
- Die Zündung erfolgt mit einem Zündlicht und vier mit je 400 ml Isopropanol gefüllten Blechwannen (Breite 25 mm, Länge 1100 mm, Höhe 20 mm), die in die zweite Lage der Holzkrippe eingeschoben werden.

Die Krippe wird mit 10 cm Abstand zur Fassadenoberfläche in der Innenecke des Prüfstands aufgestellt.

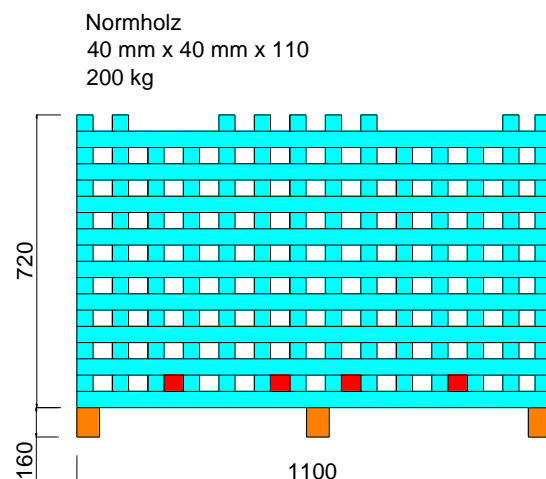
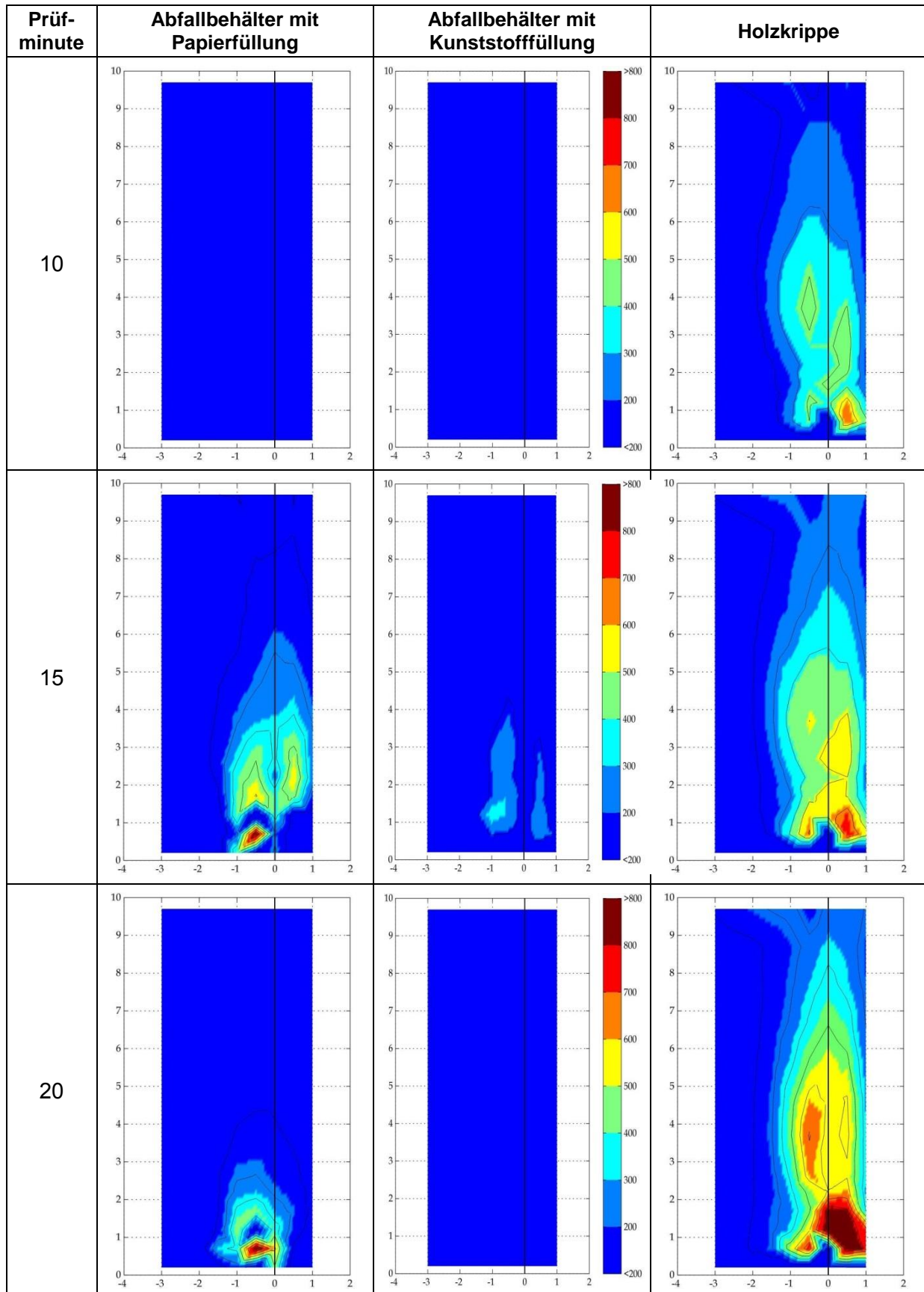


Abbildung 3: Aufbau 200 kg Holzkrippe

Tabelle 1: Energiefreisetzungen (Temperatur) von Primärbrandquellen in Abhängigkeit der Zeit.



2.2 Prüfstand

Die Untersuchungen sollten in einer von der Witterung unabhängigen Umgebung durchgeführt werden, um eine möglichst gute Reproduzierbarkeit der Versuche zu gewährleisten. Aufgrund der zu erwartenden großen Flammenhöhen der Primärbrandquelle wurde der Prüfstand mit einer Höhe von ca. 9,7 m so groß wie in der Prüfhalle der MFPA Leipzig möglich gewählt. Der Prüfstand hat die Form einer Innenecke mit einer Breite von 4,0 m des langen Eckflügels und einer Breite von 2,0 m des kurzen Eckflügels. Die Wände des Versuchsstands waren aus Porenbetonsteinen mit einer Dichte von ca. 600 kg/m³. Der Aufbau ist in Anlage B zeichnerisch dargestellt.

Mantelthermoelemente wurden sowohl in der Mitte der Dämmstoffebenen als auch vor der Außenwandbekleidung angebracht. 104 Thermoelemente je Messebene bildeten ein Raster, so dass Aussagen zur Brandausbreitung sowohl in der Dämmstoffebene als auch vor der Oberfläche des WDVS getroffen werden konnten. Die genaue Anordnung der Thermoelemente kann den Anlagen 1 der Kalibrierversuche und der Grundversuche in den Anlagen entnommen werden. Die Darstellung der Temperaturen erfolgt in Form von Isothermen.

Die vertikale Brandausbreitung an der Oberfläche wurde während der Versuche beobachtet und dokumentiert. Die Schädigung am und im Inneren des Systems wurde nach jedem Versuch ermittelt. Sowohl die Grundversuche als auch die Versuche zur Ermittlung der Referenzbrandquelle wurden mit einer Wärmebildkamera erfasst und auf Video aufgenommen.

3 Sockelbrandversuche an WDVS mit EPS-Dämmstoff

Für die großmaßstäblichen Brandversuche sollte ein zugelassenes, schwerentflammbares EPS-basiertes WDVS mit einer Dämmstoffdicke von 300 mm verwendet werden. Die Auswahl erfolgte auf Grundlage von Recherchen des DIBt in gültigen Zulassungen. Als zu verwendendes WDVS wurde das System gemäß der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-33.41-116 [2] ausgewählt.

Folgende Punkte waren gemäß Niederschrift über die 2. Sitzung der forschenden Stellen für die Auswahl des WDVS ausschlaggebend:

- Zugelassene WDVS der Fa. Sto AG und die zugehörigen Komponenten unterliegen nach Kenntnisstand des DIBt einer regelmäßigen und umfangreichen Eigen- und Fremdüberwachung. Es ist daher davon auszugehen, dass die für das Forschungsvorhaben vorgesehenen WDVS die in der Zulassung geforderten / festgelegten Eigenschaften tatsächlich erfüllen. Dies erhöht die Sicherheit im Hinblick auf Reproduzierbarkeit und Wiederholbarkeit der Versuchsergebnisse des Forschungsvorhabens.
- Da die Sto AG nach eigener Angabe Marktführer bei WDVS ist, sind die ausgewählten WDVS und deren Komponenten auch tatsächlich kurzfristig verfügbar.
- Die Sto AG verfügt über einen sehr großen Pool an Produktkomponenten für WDVS. Diese sind i. d. R. auch für seltenere Ausführungsvarianten wie z. B. schienenbefestigte WDVS verfügbar. Dies spielt für die Beurteilung und die Vergleichbarkeit von Untersuchungsergebnissen für unterschiedliche Ausführungsvarianten von WDVS eine entscheidende Rolle.

Es wurden insgesamt drei Fassadenbrandversuche an diesem WDVS durchgeführt. Alle drei WDVS-Prüfkonstruktionen wurden im Versuchsstand durch eine Fachfirma aufgebaut, die jedoch nicht über den genauen Zweck des Versuchs in Kenntnis gesetzt war. Die erforderlichen Komponenten wurden ebenfalls durch diese Fachfirma beschafft.

Begleitende kleinmaßstäbliche Laborprüfungen nach den gültigen Prüfnormen sollten die den Zulassungen entsprechenden Eigenschaften des WDVS und der Komponenten verifizieren. Es wurden dementsprechend B1-Prüfungen nach DIN 4102-1 am WDVS und den verwendeten Polystyrol-Hartschaumplatten, B2-Prüfungen nach DIN 4102-1 an dem Kleber und Glühverlustprüfungen in Anlehnung an ETAG 004 [5] am Unter- und Oberputz durchgeführt (Anlage N und O).

3.1 Grundversuch 1

Für den ersten großmaßstäblichen Brandversuch (bezeichnet als 1. Grundversuch) musste die Ausgestaltung der WDVS-Prüfkonstruktion festgelegt werden.

Für das ausgewählte WDVS wurden die in der Zulassung geforderten Brandschutzmaßnahmen (Brandriegel) berücksichtigt. Die Sockelausbildung (bestehend aus Fassaden- und Sockeldämmung) des WDVS wurde mit einer 300 mm dicken EPS-Dämmung und einer 60 cm hohen Sockeldämmung (mit einer Kunststoffschiene als Abschluss am Übergang von Sockel- zur WDVS-Dämmung) ausgebildet. Abbildung 3 zeigt die Ausführung des WDVS inklusive der Sockelausbildung im Spritzwasserbereich.

Das DIBt stellt anhand von Detailzeichnungen verschiedene Sockelausbildungsvarianten vor, die auf der Homepage der Sto AG zur Unterstützung von Planern verfügbar sind (siehe Anlage 4). Es lassen sich im Wesentlichen drei Varianten unterscheiden:

- a) Die Dämmung des WDVS und die ggf. anschließende Sockeldämmung haben die gleiche Dicke und die äußere Putzschicht wird bis unter die Oberkante Gelände (OKG) oder mindestens bis OKG bzw. angrenzende horizontale Bauteile (z. B. Flachdach) geführt.
- b) Die Dämmung des WDVS ist größer als die anschließende Sockeldämmung und der untere Abschluss des WDVS wird durch ein Sockelabschlussprofil aus Aluminium oder Kunststoff geschützt.
- c) Die Dämmung des WDVS endet oberhalb des Spritzwasserbereiches und wird durch ein Sockelabschlussprofil aus Aluminium oder Kunststoff geschützt. Der Sockel ist ungedämmt.

Die forschenden Stellen sind sich einig, dass Variante a) den unkritischsten Fall darstellt, weil es im Sockelbereich eine bis an / in das Erdreich durchgehende Schutzschicht gibt, die einen Flammeneintritt in die Dämmebene des WDVS sehr lange behindern wird.

Für die Grundversuche 1 bis 3 soll die Sockelausführungsvariante c) mit einem Kunststoffabschlussprofil verwendet werden, weil hier durch den Rücksprung von der WDVS-Oberfläche zur Sockelwand die volle Breite der Dämmung als Feuerangriffsfläche zur Verfügung steht und durch das brennbare Kunststoffprofil kein wirksamer Schutz der Dämmebene gegeben ist.

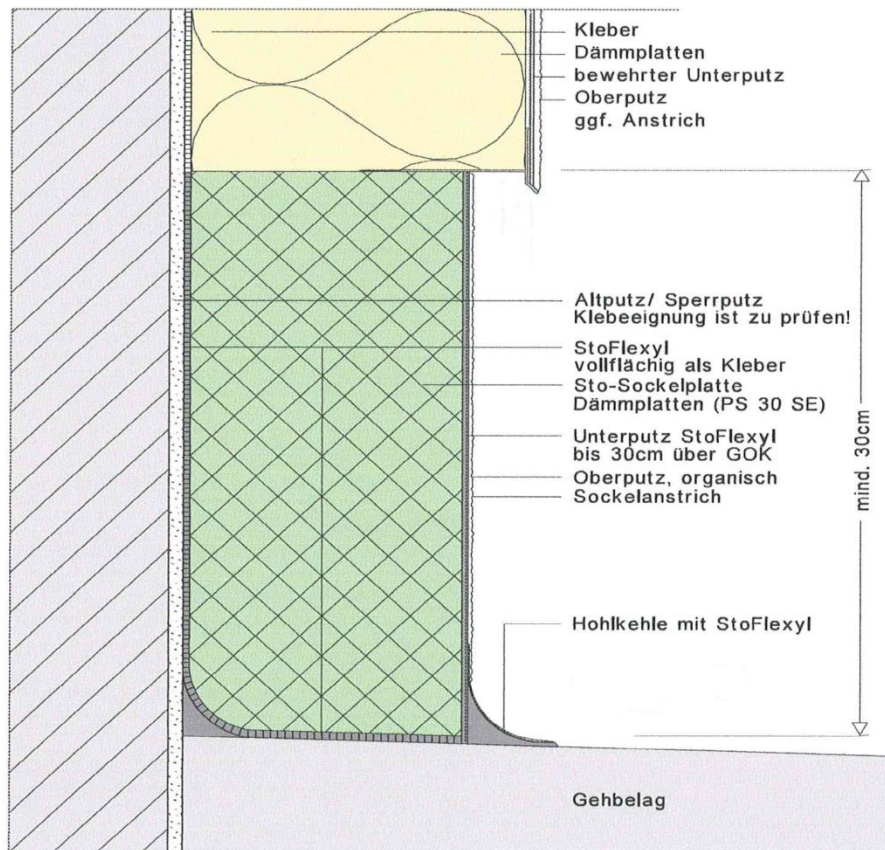


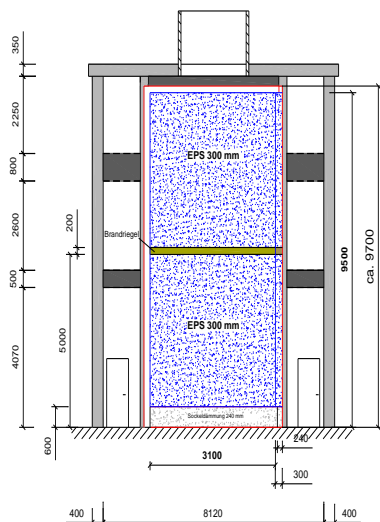
Abbildung 4: Sockelausbildung des WDVS

Nachfolgend ist der Aufbau der WDVS-Prüfkonstruktion tabellarisch dargestellt. Weitere Details können dem Untersuchungsbericht in Anlage J entnommen werden.

Tabelle 2: konstruktive Ausbildung des Prüfkörpers

a) Sockelausbildung	
Bestandteil	Ausführung
Sto-Fassadendämmsysteme	Ausführungsdetail W 140 mit Sto-Sockelprofil PH
Sto-Sockeldämmung	EPS 035 WAP; Dicke: 240 mm; Brandverhalten: schwerentflammbar (B1) nach DIN 4102; Rohdichte: ca. 28 kg/m ²
Klebemörtel: „StoFlexyl“	organische Spachtelmasse; StoFlexyl / Zement CEM I 32,5 - Mischungsverhältnis 1:1; vollflächige Verklebung; Verbrauch: ca. 2 kg/m ²
Unterputz	wie Klebemörtel; Handelsbezeichnung „StoFlexyl“; Verbrauch: ca. 1,3 kg/m ²
Armierungsgewebe	Bewehrung durch appetriertes Textilglasgittergewebe; Handelsbezeichnung: „Sto-Glasfasergewebe F“; Flächengewicht ca. 165 g/m ² ; Maschenweite 4 mm x 4 mm; 1. Lage des Unterputzes in Bahnbreite (1,1 m) auf die Dämmplatten, von unten beginnend, aufgetragen und das Gewebe mit ca. 10 cm Überlappung eingedrückt; Gewebe „nass in nass“ vollflächig abdeckend überspachtelt
Gesamtdicke der Armierungsschicht	ca. 2 mm (nach Trocknung)
Abschlussbeschichtung	Handelsbezeichnung: „Stolit K“ – Korn 2 mm; dispersionsgebundener Oberputz nach DIN EN 998-1; Auftragsstärke: ca. 2 mm (nach Trocknung); Anteil organischer Bestandteile: ca. 9,8 %; Anteil Flammenschutzmittel: ca. 8,8 %; Oberputz flächig auf die Armierungsschicht aufgetragen; Gesamtdicke der Putzschicht: ca. 4 mm
Sockelanstrich	zweifacher Sockelanstrich mit StoColor Silko G
Abschluss Boden	Hohlkehlenanpassung am Fassadenfuß (Ausführung mit StoFlexyl / Zement CEM I 32,5 - Mischungsverhältnis 1:1)
b) WDVS-Ausbildung:	
Bestandteil	Ausführung
Kleber	PU-Klebeschaum (Dichte 17 – 18 kg/m ³), Handelsbezeichnung: „Sto Turbofix Mini“ (Einkomponenten Klebeschaum), Hersteller: Soudal / Belgien, Wulst / W-Verklebung (Dicke ca. 20 mm; ca. 40 % Klebefläche); allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-33.9-1142
Dämmstoff	Polystyrol-Hartschaumplatten, Qualitätstyp: EPS 035 WDV; Hersteller: Karl Bachl GmbH u. Co. KG; Fassadendämmplatte weiß; Baustoffklasse B 1, schwerentflammbar nach DIN 4102-1; Plattenformat: 1000 mm x 500 mm; Plattendicke: 300 mm; Rohdichte: ca. 25 kg/m ³ ; auf massivem mineralischen Untergrund verklebt, in Z-33.41-116 geregelt.
Unterputz	organisch gebundene Klebe- und Armierungsmasse; Handelsbezeichnung „StoLevell Classic“; Anteil organischer Bestandteile ca. 9,4 %; Anteil Flammenschutzmittel ca. 10 %
Armierungsgewebe	Bewehrung durch appetriertes Textilglasgittergewebe; Handelsbezeichnung: „Sto-Glasfasergewebe F“; Flächengewicht ca. 165 g/m ² , Maschenweite 4 mm x 4 mm; 1. Lage des Unterputzes in Bahnbreite (1,1 m) auf die Dämmplatten, von unten beginnend, aufgetragen und das Gewebe mit mind. 10 cm Überlappung eingedrückt; Gewebe „nass in nass“ vollflächig abdeckend überspachtelt
Gesamtdicke der Armierungsschicht:	ca. 2 mm
Abschlussbeschichtung	Handelsbezeichnung: „Stolit K“ – Körnung 2 mm; Putz mit

Oberputz:	organischen Bindemitteln nach EN 15824, Auftragsstärke: ca. 2 mm (nach Trocknung); Anteil organischer Bestandteile: ca. 9,8 %; Anteil Flammenschutzmittel: ca. 8,8 %; Oberputz flächig auf die Armierungsschicht aufgetragen; Gesamtdicke der Putzschicht: ca. 4 mm
Zusätzliche Brandschutzmaßnahmen: a) Brandriegel:	umlaufender Brandriegel 5,0 m über Prüfraumboden; Mineralwolle-Lamellenstreifen FKLL C2; putzbare Steinwollelamelle beidseitig beschichtet; Baustoffklasse A1 nach DIN EN 13501-1, Schmelzpunkt > 1000 °C; Format: Gesamtdicke 300 x Höhe 200 mm; Rohdichte: ca. 90 kg/m ³ , Anbringung: vollflächig angeklebt siehe Anlagen J, K und L
b) weitere Schutzmaßnahmen:	Sto-Gewebewinkel (Kunststoff-Eckwinkel) an allen Innen- und Außenecken (Kantenprofil mit integriertem Glasfasergewebe); Gewebeschlaufe am Fassadenkopf
	Der Prüfkörper war allseitig, d.h. an den Seiten und auch am oberen Prüfkörperabschluss verputzt.



a) Prinzipskizze – Prüfaufbau



b) 300 mm EPS-Dämmung und ein Brandriegel



c) WDVS-Prüfkonstruktion nach Fertigstellung

Abbildung 5: Aufbau Grundversuch 1

Während der Versuchsdurchführung wurden ab der 6. Prüfminute Flammen auf der Putzoberfläche deutlich sichtbar (siehe Anlage J, Abb. 5). Aufgrund der Erwärmung durch die Primärbrandquelle begann das EPS unterhalb des Brandriegels hinter dem Putz zu schmelzen. Konstruktionsbedingt trat die Schmelze (ab der 9. Prüfminute deutlich sichtbar) im Bereich der Sockelschiene aus. Die Schmelze entzündete sich und erhöhte die thermische Beanspruchung des WDVS (Abbildung 6). Flammen mit über 5 Metern Länge brannten im Eckbereich. Strahlung, Flammenlänge und Rauchentwicklung nahmen nun kontinuierlich zu.

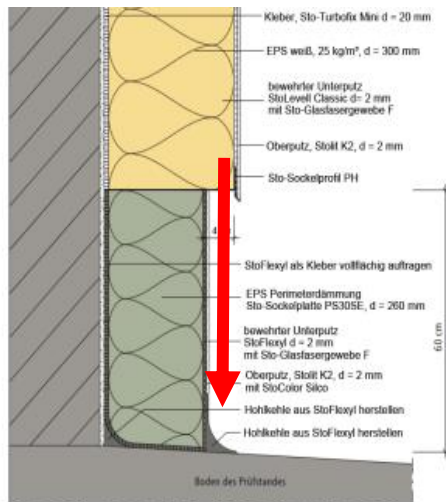


Abbildung 6: Austritt und Entzündung der EPS-Schmelze in der 10. Prüfminute

14:00 Minuten nach Entzünden der Holzkippe öffnete sich die Putzscheibe über die gesamte Prüfkörperhöhe. Dies führte zu einer Entzündung großer Mengen EPS-Schmelze und der Entwicklung von Pyrolysegasen aus EPS-Schmelze, die sich oberhalb des Brandriegels und am Boden gesammelt hatte. Die Flammen führten zu diesem Zeitpunkt deutlich über die Höhe des Versuchsstands. Damit einher ging eine starke Wärme- und Rauchfreisetzung, EPS-Schmelze verbreitete sich brennend vor der Fassade (siehe Abbildung 6a).



a: Putz öffnet sich großflächig in der 15. Prüfminute



b: Blick auf Prüfkonstruktion nach 27 Prüfminuten

Abbildung 7: Grundversuch 1

Kurz bevor der Blick auf die Prüfkonstruktion nicht mehr möglich war, kippte die Putzscheibe oberhalb des einzigen Brandriegels nach vorne. Beobachtungen waren infolge der starken Rauchentwicklung nun zunächst nicht mehr möglich.

In der 19. Prüfminute wurde die brennende Schmelzfläche auf dem Boden gelöscht. Zu diesem Zeitpunkt war die EPS-Dämmung vollständig verbrannt und der Brandriegel an Rück- und Eckwand teilweise abgefallen (siehe Abbildung 6b).

Es wurde deutlich, dass die in diesem ersten Grundversuch geprüfte WDVS-Konstruktion der thermischen Beanspruchung durch das Prüffeuer nicht standgehalten hat und eine konstruktive Ertüchtigung notwendig ist, um einem solchen Brandereignis widerstehen zu können.

3.2 Grundversuche 2 und 3

Basierend auf den Ergebnissen des ersten Grundversuchs wurden zwei weitere Grundversuche geplant und durchgeführt. Die Dämmdicke und Verklebung des verwendeten EPS sowie die Sockelausbildung entsprach unverändert dem Aufbau des ersten Grundversuchs. Auch wurden die gleichen Putze in den gleichen Dicken verwendet.

Über dem Sockel wurden jedoch Brandriegel in 0,9 m und 3,8 m über dem Fußboden eingebaut. Ein dritter Brandriegel befand sich 9,6 m über dem Fußboden an der Oberkante des Versuchsstandes. Alle Brandriegel wurden mit WDVS-Dübeln, die aus einer Hülse und einem Teller aus Polyamid-Kunststoff sowie einem Stahl-Stift bestehen, durch das Armierungsgewebe des Unterputzes hindurch in der Versuchswand befestigt. Ausführliche Festlegungen zur Verdübelung der Brandriegel sind Anlage P zu entnehmen. Die Verklebung der Brandriegel erfolgte mit einem mineralisch gebundenen Klebemörtel anstelle des im ersten Grundversuch verwendeten organisch gebundenen Produkts. Zur Kontrolle der Haftung der Brandriegel wurden zusätzliche separate Proben an der Wand des Versuchsstandes neben dem eigentlichen WDVS-Prüfkörper angebracht.

Zusätzlich erfolgte die Verwendung eines verstärkten Armierungseckwinkels (Panzerwinkel) im Unterputz in der Innenecke des Versuchsstandes. Anlass dafür war der bei der Auswertung der Daten aus dem ersten Großversuch entstandene Eindruck, dass das WDV-System an dieser Stelle zuerst aufgegangen sei.

Ziel aller vorstehend beschriebenen Maßnahmen war es, das Brandverhalten des WDVS für die weiteren Versuche zu verbessern. Nachfolgend sind die Abweichungen der WDVS-Prüfkonstruktion des zweiten Grundversuchs zu der des ersten Grundversuchs tabellarisch zusammengefasst. Weitere Details können dem Untersuchungsbericht in Anlage K entnommen werden.

Tabelle 3: Konstruktive Ausbildung zusätzlicher Brandschutzmaßnahmen im Grundversuch 2 – Abweichungen zu Grundversuch 1

Brandriegel	<p>Drei umlaufende Brandriegel 0,9 m; 3,8 m und 9,6 m über Boden</p> <ul style="list-style-type: none">• Gesamtdicke 300 x Höhe 200 mm; Rohdichte: ca. 90 kg/m³• Verklebung mit mineralisch gebundenen Klebemörtel• Zusätzliche Befestigung m. WDVS-Dübeln durch Armierungsgewebe des Unterputzes, Hülse und Teller aus Polyamid, Stahl-Stift• Mineralwolle-Lamellenstreifen, beidseitig beschichtet, Baustoffklasse A1 nach DIN EN 13501-1, Schmelzpunkt > 1000 °C
weitere Schutzmaßnahmen:	<ul style="list-style-type: none">• Sto Panzerwinkel in Innenecke (vorgeformtes verstärktes Glasfasergewebe)• Sto Gewebewinkel (Kunststoff-Eckwinkel) an allen Außenecken (Kantenprofil mit integriertem Glasfasergewebe)• Gewebeschnur am Fassadenkopf

Der Prüfkörper war allseitig, d.h. an den Seiten und auch am oberen Prüfkörperabschluss verputzt.

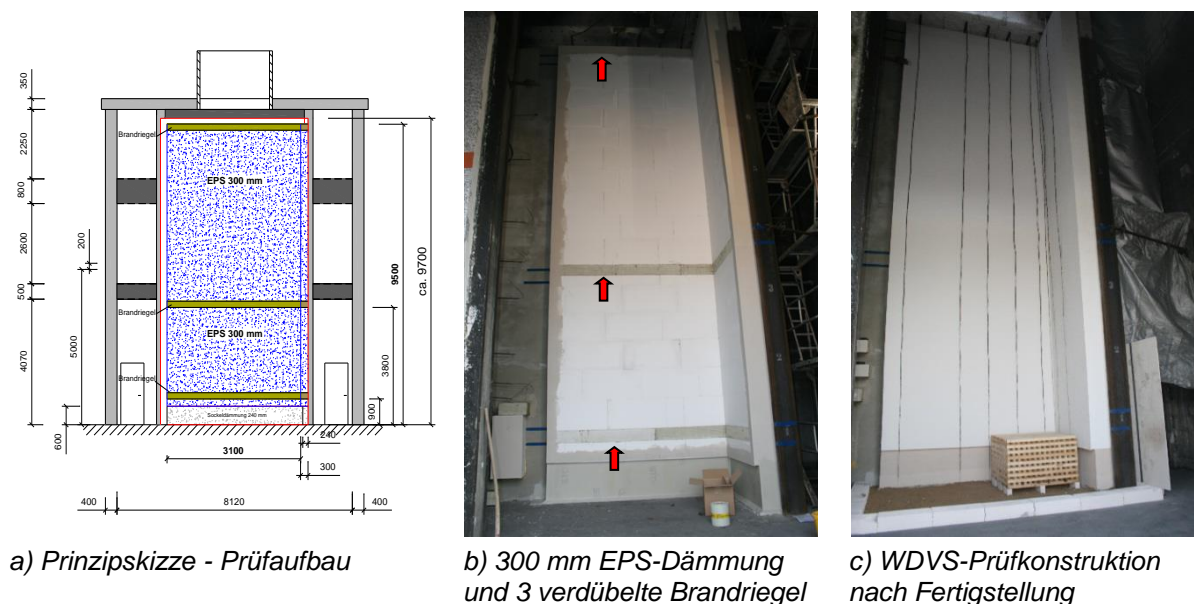


Abbildung 8: Aufbau Grundversuch 2

Während der Versuchsdurchführung traten in der 7. Prüfminute wellige Verformungen der Putzschicht als Folge der fortschreitenden Schmelzprozesse im Dämmstoff sowie zunehmende Verfärbungen und Rußablagerungen im Einflussbereich der Prüf Flamme an der Putzoberfläche auf.

In Prüfminute 8 und 9 kam es verstärkt zum Ausgasen an Rück- und Eckwand sowie zu sichtbaren Flammen auf der Putzoberfläche der Rückwand bis zu 2,5 Metern Höhe über dem Fußboden (siehe Anlage K, Bild 9 der Anlage 4.2). In der 12. Prüfminute waren die Flammen an der Oberfläche der Rück- und Eckwand bis zu 5 Metern Höhe fortgeschritten. Die horizontale Brandausbreitung an der Putzoberfläche war gering. Die Flammenlängen reichten zu diesem Zeitpunkt bis zu 7 Metern hoch.

Zwischen der 13. und 16. Prüfminute entstanden im direkten Flammeneinflussbereich sichtbare Flammen im Bereich der sich abzeichnenden Dübelteller des ersten und zweiten Brandriegels. Durch den Abbrand von Pyrolysegasen vor der Oberfläche kam es wiederholt zu einer kurzzeitigen Verlängerung der Primärflamme bis zu einer Höhe von ca. 8,5 Metern über dem Fußboden. Im direkten Einflussbereich der Flammen war das Sockelprofil bereits geschmolzen. In diesem Bereich traten die Flammen hinter den Putz, was zum Schmelzen und Verbrennen des Dämmstoffs unterhalb des unteren Brandriegels führte. Die abtropfende EPS-Schmelze bildete auf dem Prüfraumboden kleinere Sekundärbrände. Die Putzschicht unterhalb des unteren Brandriegels öffnete sich teilweise.

Zwischen der 17. und 20. Prüfminute ließen die sichtbaren Flammen an der Oberfläche nach. Die Rauchentwicklung verstärkte sich jedoch aufgrund des fortwährenden Abtropfens und Verbrennung der EPS-Schmelze am Prüfraumboden. Kleinere brennende Fassadenteile fielen ab. Nun konnte auch eine horizontale Brandausweitung neben der Brandlast beobachtet werden (siehe Anlage K, Bild 13 der Anlage 4.2). Die Flammenlängen betragen zu diesem Zeitpunkt noch 6 bis 7 Meter.

Der weitere Brandverlauf war bis zur 37. Prüfminute durch einen Rückgang der Brandintensität und einer Verringerung der maximalen Flammenlängen gekennzeichnet.

Der zweite Grundversuch war insofern erfolgreich, dass der Putz jeweils bis zum Abklingen des Brandes geschlossen blieb und die Flammen nicht die obere Kante des Prüfstands erreichten.

Ein Eindringen von Flammen in das WDVS wurde durch den unteren Brandriegel wirksam verhindert. Zugleich trat weniger brennbare EPS-Schmelze im Sockelbereich aus. Zusammen mit der Anordnung des mittleren Brandriegels wurde ein Aufreißen der Putzbeschichtung im durch das Primärfeuer direkt beanspruchten Bereich verhindert. Durch die Anordnung des oberen Brandriegels am Kopf des Versuchsstandes direkt unter der Decke der Versuchshalle wurden auch obere Abschlüsse und Übergänge von vertikalen Außenwänden zu horizontal auskragenden Bauteilen berücksichtigt.

Das heißt, die vorgenommenen konstruktiven Maßnahmen haben sich als wirksam im Hinblick auf die Verbesserung des Brandverhaltens des WDVS unter den gewählten Prüfbedingungen erwiesen.

Basierend auf den Ergebnissen des zweiten Grundversuchs wurde im 3. Großversuch noch einmal der identische Aufbau wie im 2. Großversuch geprüft. Dies sollte die Möglichkeit der Validierung des Versuchsergebnisses aus dem 2. Versuch bieten.

Der durchgeführte Grundversuch 3 war im Ergebnis im Wesentlichen mit dem Grundversuch 2 vergleichbar, obwohl höhere Flammen (siehe Abbildung 9, Tabelle 4, Tabelle 5) beobachtet wurden.

4 Vergleich der Versuchsergebnisse

In Tabelle 4 werden Bilder des Brandversuchs zur gleichen Versuchsdauer nebeneinander dargestellt, um Unterschiede des Systemverhaltens aufzuzeigen. Bis zur 10. Prüfminute sind zwischen den drei Brandversuchen keine deutlichen Unterschiede erkennbar.

Ab der 12. Prüfminute waren jedoch Unterschiede im Flammenbild sowie im Brandverhalten der Baustoffe zu erkennen. Deutlich erkennt man die unterschiedlichen (Vergleich des Grundversuchs 1 mit den Grundversuchen 2 und 3) Flammenlängen auf den Bildern der 15. Prüfminute. Zu diesem Zeitpunkt waren im Grundversuch 1 die Flammen bereits wesentlich höher als die Oberkante des Prüfstandes. Dagegen lagen die maximalen Flammenlängen der Grundversuche 2 und 3 unterhalb der Prüfstandhöhe von 10 m (vgl. Abbildung 9).

In Tabelle 5 sind die Isothermen der Temperaturen in der Mitte des Dämmstoffs in Abhängigkeit der Prüfminute dargestellt. Auch hier werden deutliche Unterschiede zwischen den Ergebnissen des Grundversuchs 1 und den Grundversuchen 2 und 3 sichtbar. Während bereits 15 Minuten nach Prüfbeginn im Grundversuch 1 Temperaturen über 700°C großflächig gemessen wurden (d.h. der EPS-Dämmstoff war in diesem Bereich vollständig geschmolzen), erreichten die Temperaturen in den Grundversuchen 2 und 3 im Wesentlichen ein Maximum von 400°C, jedoch auch nur auf der Hälfte der brandbeanspruchten Fläche. Hinsichtlich der Temperaturen von deutlich weniger als 500°C kann ein Brennen (mit sichtbaren Flammen) hinter der Putzschicht ausgeschlossen werden.

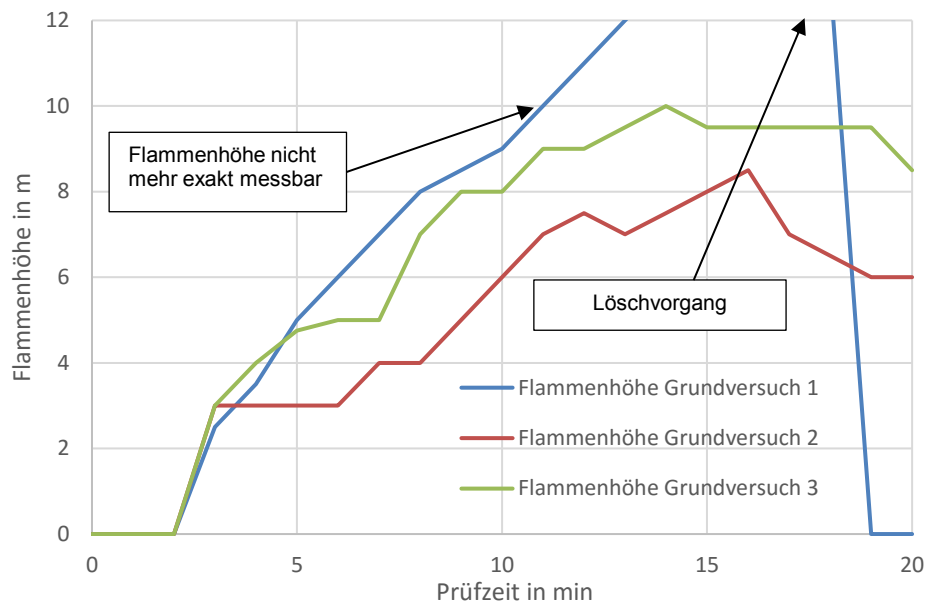


Abbildung 9: Visualisierung der in den Untersuchungsberichten angegebenen Flammenlängen als Funktion der Zeit.

Tabelle 4: Systemverhalten in Abhängigkeit der Zeit.

Prüf- minute	Grundversuch 1	Grundversuch 2	Grundversuch3
5			
10			
15			

Tabelle 5: Temperaturen in der Mitte des EPS-Dämmstoffs – Isothermendarstellung

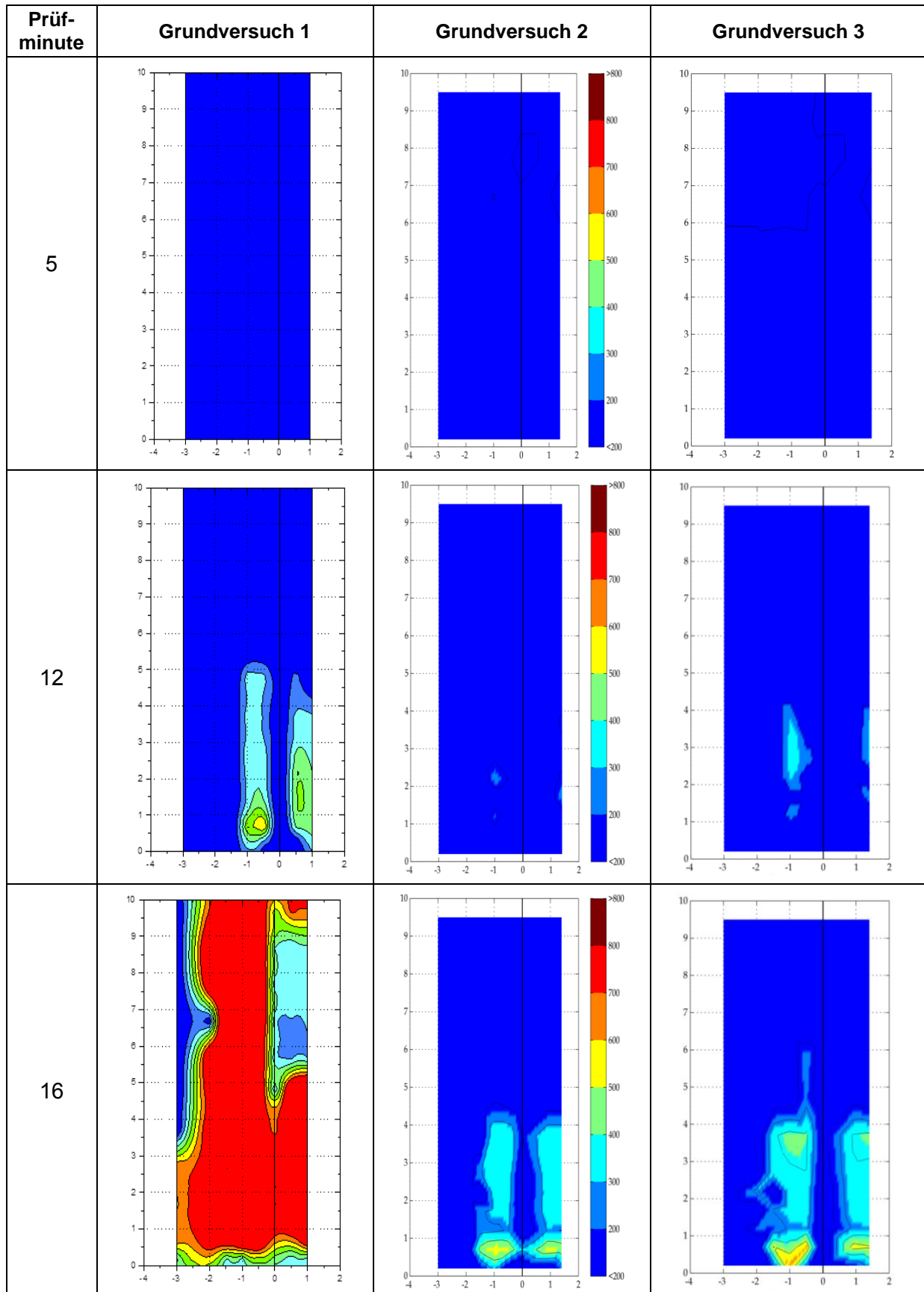


Tabelle 6 zeigt die Schädigungen am jeweiligen WDVS nach den Brandversuchen sowie das Schadensbild nach dem Rückbau zwischen dem ersten und zweiten Brandriegel.

Tabelle 6: Schadensbilder nach dem Versuch und Rückbau des Versuchskörpers

	Grundversuch 1	Grundversuch 2	Grundversuch 3
Schadensbild nach dem Brandversuch			
Schadensbild nach dem Rückbau	-		

Abbildung 10 zeigt die gemittelten Rauchgastemperaturen im Abgasschlott. Deutlich sichtbar ist der Temperaturanstieg ab der 15. Prüfminute, begründet durch die Öffnung des Putzes und die daraus resultierende Verbrennung des EPS.

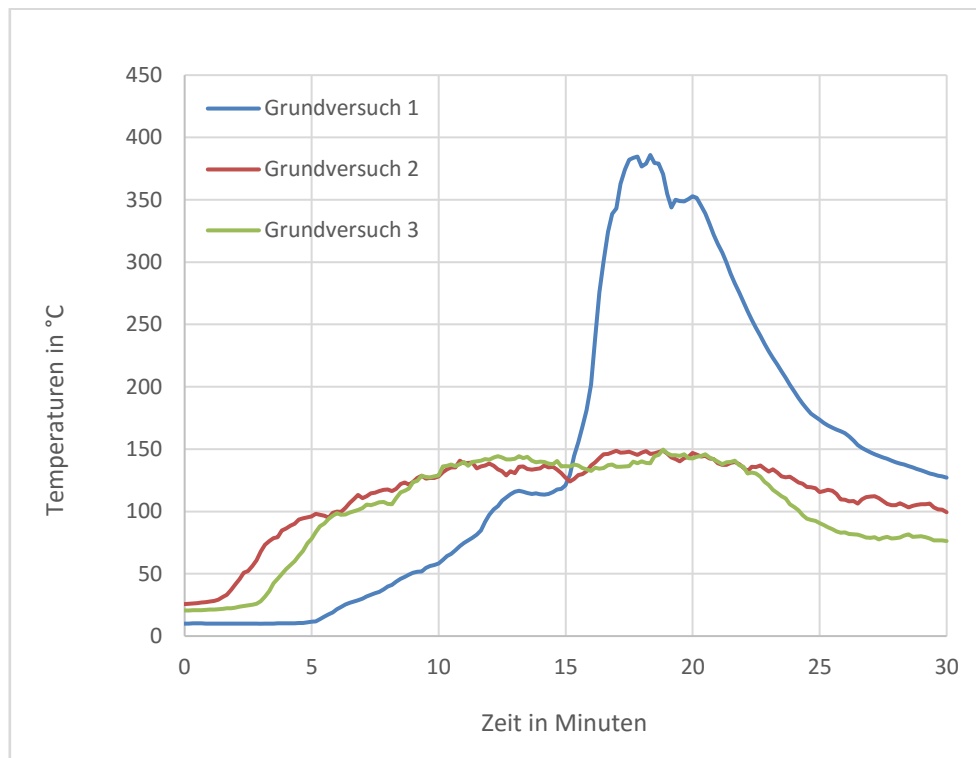


Abbildung 10: Vergleich der gemittelten Rauchgastemperaturen im Abgasschlot (ca. 10 m über der Primärbrandquelle)

5 Zusammenfassung und Empfehlungen

Es wurde ein spezieller Brandversuch entwickelt, der das Brennen von Brandlasten wie großen Müllcontainern oder kleinen Kraftfahrzeugen im Sockelbereich von Außenwänden beschreibt. Es wurde in einem solchen Brandversuch bestätigt, dass dieses Brandereignis an einem ausgewählten schwerentflammaren Wärmedämmverbundsystem mit Polystyrol-Dämmstoffplatten tatsächlich eine Gefahr darstellen kann, da es zu einer schnellen vertikale Brandausbreitung kommen kann.

Es wurde konstruktive Maßnahmen zur Lösung vorgestellt und die Wirksamkeit mithilfe des speziellen Versuchsaufbaus untersucht. Hierfür wurden zwei weitere Brandversuche an ähnlichen, aber brandschutztechnisch ertüchtigten Wärmedämmverbundsystemen durchgeführt.

Die untersuchten konstruktiven Brandschutzmaßnahmen waren wirksam im Hinblick auf die Verbesserung des Brandverhaltens des WDVS unter den gewählten Prüfbedingungen. Daher werden Maßnahmen zur Verbesserung des Brandverhaltens von als „schwerentflammbar“ eingestuften Wärmedämmverbundsystemen mit bis zu 300 mm dicken Polystyrol-Dämmstoffplatten empfohlen.

Zu den bisher in den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen vorgeschriebenen Brandschutzmaßnahmen sollten gebäudeumlaufende Brandriegel als Schutzmaßnahme gegen eine Brandeinwirkung von außen wie folgt zusätzlich angeordnet werden:

1. ein Brandriegel an der Unterkante des WDVS bzw. maximal 90 cm über Geländeoberkante oder genutzten angrenzenden horizontalen Gebäudeteilen,

2. ein Brandriegel in Höhe der Decke des 1. Geschosses über Geländeoberkante oder angrenzenden horizontalen Gebäudeteilen, jedoch zu dem darunter angeordneten Brandriegel mit einem Achsabstand von nicht mehr als 3 m, bei größeren Abständen sind zusätzliche Brandriegel einzubauen sowie
3. ein Brandriegel in Höhe der Decke des 3. Geschosses über Geländeoberkante oder angrenzender horizontaler Gebäudeteile, jedoch zu dem darunter angeordneten Brandriegel mit einem Achsabstand von nicht mehr als 8 m, bei größeren Abständen sind zusätzliche Brandriegel einzubauen.

Brandriegel selbst sollten folgende Anforderungen erfüllen:

- Höhe ≥ 200 mm,
- nichtbrennbare Mineralwolle-Lamellenstreifen, Klassen A1, A2 nach DIN 4102-1 oder A1, A2- s1, d0 nach DIN EN 13501-1 nicht glimmend, aus Steinfasern mit einem Schmelzpunkt von mindestens 1000 °C geprüft nach DIN 4102-17, mit einer Rohdichte zwischen 60 und 100 kg/m³,
- mit mineralischem Klebemörtel (Bindemittel: Kalk und/oder Zement) vollflächig angeklebt und zusätzlich mit WDVS-Dübeln angedübelt (Verdübelung mit zugelassenen WDVS-Dübeln bestehend aus Dübelteller und Hülse aus Kunststoff sowie Spreizelement aus Stahl, Durchmesser des Dübeltellers ≥ 60 mm, Rand- und Zwischenabstände der Dübel: mindestens 10 cm nach oben und unten, maximal 15 cm zu den seitlichen Rändern eines Brandriegel-Streifenelements sowie maximal 45 cm zum benachbarten Dübel).

Die Anwendung dieser Mindestmaßnahmen senkt das Risiko eines Vollbrands und einer schnellen vertikalen Brandausbreitung an der Außenwandbekleidung bei einer Brandbeanspruchung im Sockelbereich.

Diese Aussage gilt aber nur für Wärmedämmverbundsysteme mit bis zu 300 mm dicken Polystyrol-Dämmstoffplatten, die von der Unterkante bis mindestens zur Höhe des 3. Brandriegels folgende Anforderungen erfüllen:

- Mindestdicke des Putzsystems (Oberputz + Unterputz) von 4 mm, bei Ausführung vorgefertigter, klinkerartiger Putzteile ("Flachverblender") Dicke des Unterputzes ≥ 4 mm,
- an Gebäudeinnenecken sind in den bewehrten Unterputz Eckwinkel aus Glasfasergewebe, Flächengewicht 280 g/m² und Reißfestigkeit $> 2,3$ kN/5 cm (im Anlieferungszustand) einzuarbeiten,
- Verwendung von EPS mit einer Rohdichte max. 25 kg/m³ und
- Verwendung eines Armierungsgewebes mit einem Flächengewicht von ≥ 150 g/m².

Es wurden drei Brandversuche an Wärmedämmverbundsystemen mit Polystyrol-Dämmstoff im Rahmen dieses Forschungsvorhabens durchgeführt. Weitergehende Fragen bleiben offen.

Es sollte beispielsweise untersucht werden, welche Abstände von welchen mobilen Brandlasten zu Außenwandbekleidungen notwendig sind, um durch das vorgestellte Untersuchungsszenario abgedeckt zu sein.

Auch die Ableitung von nachvollziehbaren Beurteilungskriterien für künftige Versuche wäre sinnvoll, um weitere konstruktive Varianten schwerentflammbarer Wärmedämmverbundsysteme über dieses Forschungsvorhaben hinaus untersuchen zu können.

Leipzig, den 09. August 2016

Herr Dipl.-Ing. H. Rademacher

*Materialprüfungsamt Nordrhein-Westfalen
Marsbruchstraße 186
D-44287 Dortmund*

Herr Dr.-Ing. O. Riese

*Materialprüfanstalt (MPA) für das Bauwesen Braunschweig
Beethovenstraße 52
D-38106 Braunschweig*

Herr Dipl.-Ing. S. Hauswaldt

*Gesellschaft für Materialforschung und Prüfungsanstalt für
das Bauwesen Leipzig mbH
Hans-Weigel-Straße 2B
D-04319 Leipzig*

Herr Dipl.-Phys. I. Kotthoff

*Ingenieurbüro für Brandschutz und Fassaden Kotthoff (IFB)
Torstr. 17
D-36457 Stadtlengsfeld*

Dr.-Ing. A. Rogge

*Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)
Unter den Eichen 87
D-12205 Berlin*

- Anhänge:**
- A: Liste der Mitglieder der forschenden Stellen
 - B: Aufbau des Versuchsstands
 - C: Anordnung der Temperaturmessstellen
 - D: Kalibrierversuch 1 (Abfallbehälter mit Papierfüllung)
 - E: Kalibrierversuch 2 (Abfallbehälter mit Kunststofffüllung)
 - F: Kalibrierversuch 3 (Holzkrippe 200 kg)
 - G: Kalibrierversuch 4 (2 Abfallbehälter mit jeweils Papier- und Kunststofffüllung)
 - H: Kalibrierversuch 5 (Holzkrippe 200 kg)
 - I: Kalibrierversuch 6 (Holzkrippe 200 kg)
 - J: Grundversuch 1
 - K: Grundversuch 2
 - L: Grundversuch 3
 - M: Ermittlung von Wärmefreisetzungsraten von verschiedenen Brandquellen (I. Kotthoff, MFPA Leipzig GmbH)
 - N Prüfbericht Baustoffe MPA Braunschweig
 - O Prüfbericht Baustoffe BAM Berlin
 - P Festlegungen zu Brandriegeln

Die Anhänge D bis P sind nicht zur Veröffentlichung freigegeben.

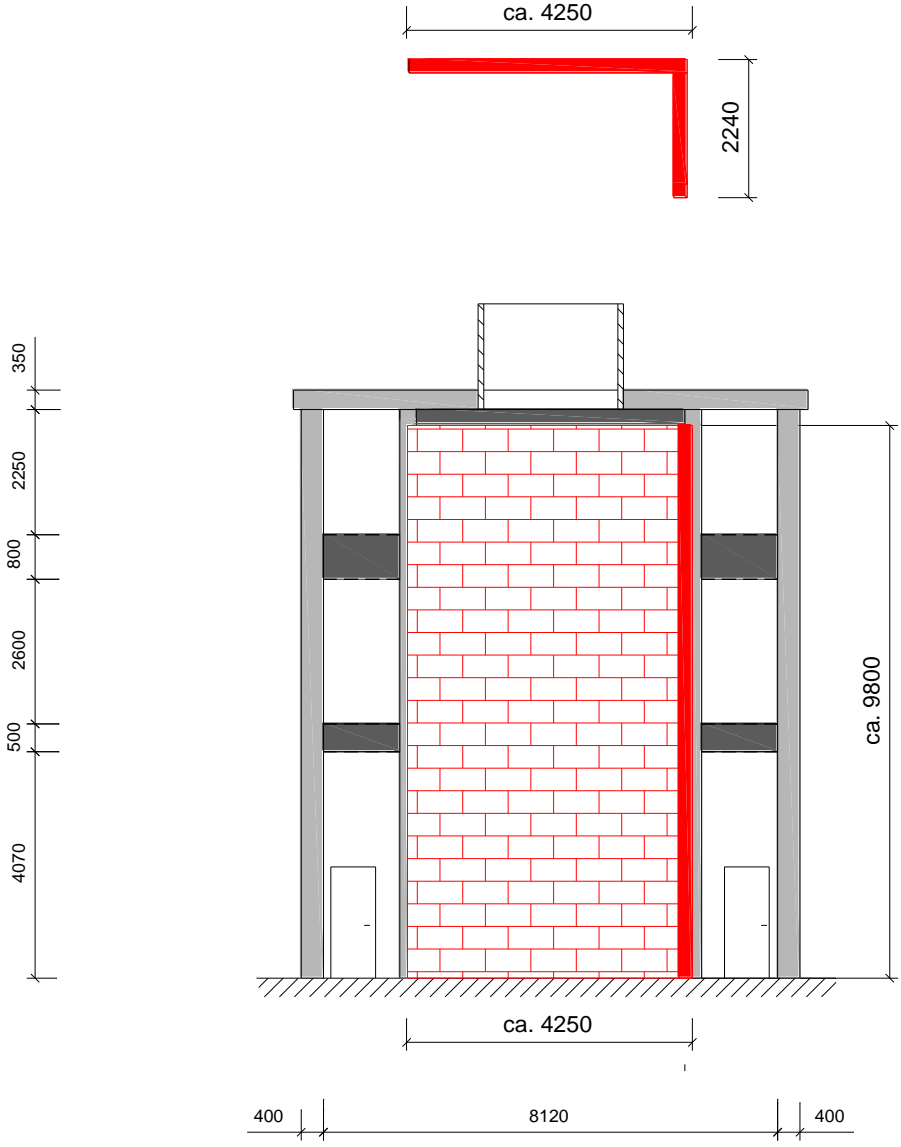
Literatur:

- [1] DIN 4102-1:1998-05 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen - Teil 1: Baustoffe; Begriffe, Anforderungen und Prüfungen
- [2] Allgemeine bauaufsichtlichen Zulassung Z-33.41-116
- [3] DIN 4102-20:2016 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 20: Besonderer Nachweis für das Brandverhalten von Außenwandbekleidungen (Entwurf März 2016)
- [4] S. Kaudelka et al.: Auswirkung von Zündquellen und Systembeschaffenheit auf das Brandverhalten EPS-basierter Wärmedämm-Verbundsysteme. In: Bauphysik 37 (2015), Heft 4
- [5] ETAG 004: Guidline for European Technical Approval of External Thermal Insulation Composite Systems with Rendering. 2008

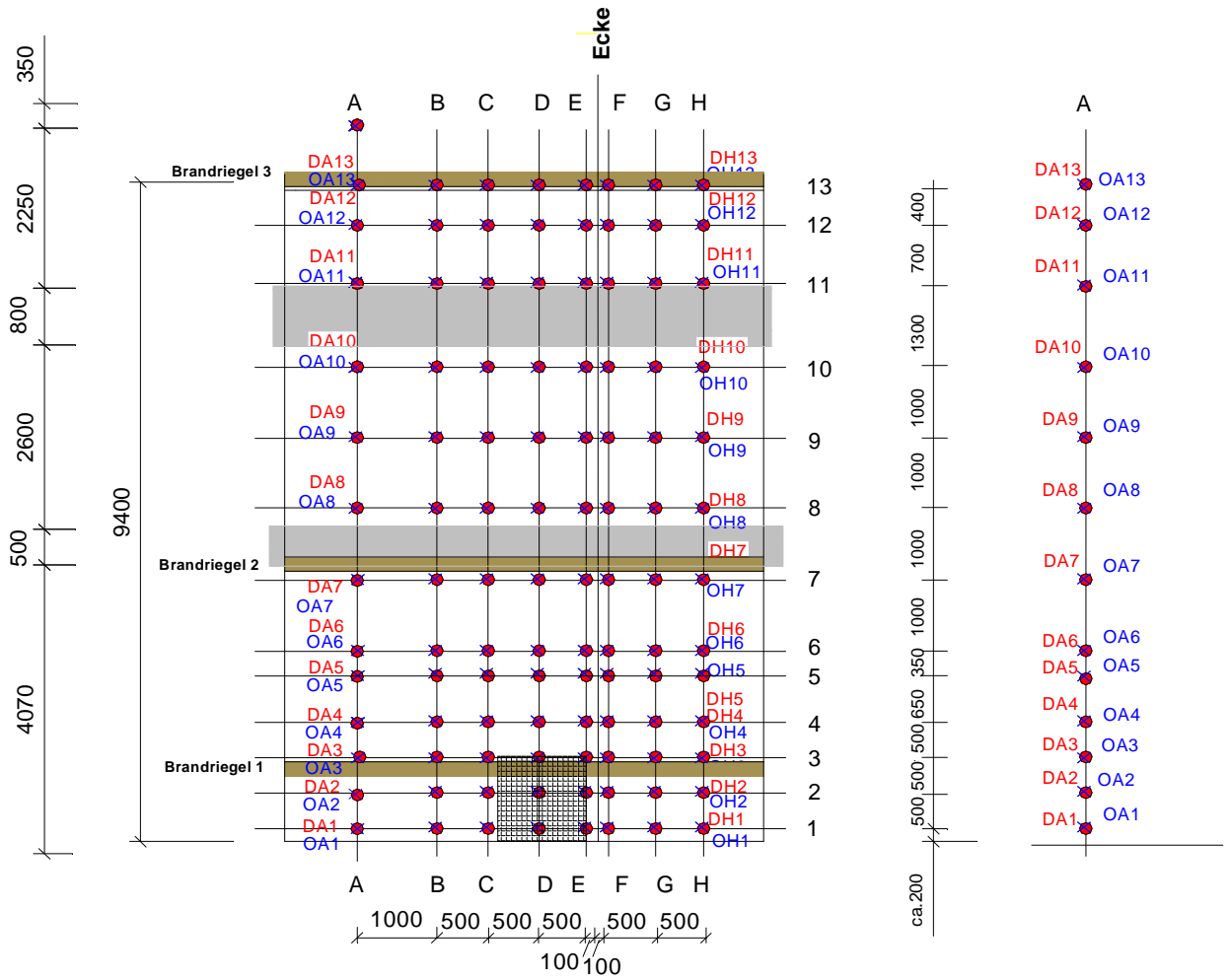
Forschende Stellen

Vertreter	Institution
Herr Dipl.-Ing. H. Rademacher	Materialprüfungsamt Nordrhein-Westfalen Marsbruchstraße 186 D-44287 Dortmund
Herr Dr.-Ing. O. Riese	Materialprüfanstalt (MPA) für das Bauwesen Braunschweig Beethovenstraße 52 D-38106 Braunschweig
Herr Dipl.-Ing. S. Hauswaldt	Gesellschaft für Materialforschung und Prüfungsanstalt für das Bauwesen Leipzig mbH Hans-Weigel-Straße 2B D-04319 Leipzig
Herr Dipl.-Phys. I. Kotthoff	Ingenieurbüro für Brandschutz und Fassaden Kotthoff (IFB) Torstr. 17 D-36457 Stadtlengsfeld
Dr.-Ing. A. Rogge	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) Unter den Eichen 87 D-12205 Berlin

Anlage B: Aufbau des Versuchsstands



Anlage C: Anordnung der Temperaturmessstellen



- Mst. D1 bis D13 in den Achsen A bis H - in Dämmstoffmitte
- × Mst. O1 bis O13 in den Achsen A bis H -10 mm vor der Fassadenoberfläche