

**Stadt
Wien**

Prüf-, Inspektions- und
Zertifizierungsstelle

Studie zum Thema

„Brandverhalten von Grünfassaden in großmaßstäblichen Versuchen“

durchgeführt durch die
Prüf-, Inspektions- und Zertifizierungsstelle der Stadt Wien
(Magistratsabteilung 39)
Rinnböckstraße 15/2
1110 Wien

im Auftrag der
Wohnbauförderung und Schlichtungsstelle für wohnrechtliche
Angelegenheiten
(Magistratsabteilung 50)
IBA-Wien, Wohnbauforschung und internationale Beziehungen
Muthgasse 62
1190 Wien

Verfasser*innen:

Dipl.-Ing. Dieter Werner, MSc, Leiter des Bauphysiklabors der MA 39

Dipl.-Ing. Georg Pommer, Leiter der MA 39

Ing.ⁱⁿ Veronika Goubran

Durchführung der Brandversuche: Dipl.-HTL-Ing. Kurt Danzinger, MSc

Ing. Stephan Pomper und Mag.^a Dipl.-Ing.ⁱⁿ Edith Grüner

Wien, am 22. Dezember 2021

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassung	1
1.1	Ausgangslage	1
1.2	Zielsetzung	2
1.3	Methodik	2
1.4	Ergebnisse	3
1.5	Weitere Schritte.....	4
2	Summary	6
2.1	Initial situation.....	6
2.2	Objective.....	7
2.3	Methodology	7
2.4	Results	8
2.5	Further steps.....	9
3	Ausgangslage	11
3.1	Richtlinie der MA 37-KSB zum Brandschutz bei Fassadenbegrünungen	11
3.2	Planung dieser Studie zum Thema Brandschutz	15
4	Realbrandversuche	17
4.1	Prüfszenario nach ÖNORM B 3800-5.....	17
4.1.1	..Allgemeine Betrachtungen	17
4.1.2	..Versuchsanordnung	18
4.2	Großmaßstäbliche Versuche.....	24
4.2.1	..Versuch 1 (Efeu mit 30 cm auskragender Brandabschottung, ohne WDVS)	24
4.2.2	..Versuch 2 (EPS-WDVS + Trogsystem mit 30 cm auskragender Brandabschottung)	32
4.2.3	..Versuch 3 (EPS-WDVS + Trogsystem (Efeu) mit 2 x je 30 cm auskragender Brandabschottung)	43
4.2.4	..Versuch 4 (EPS-WDVS + Trogsystem (Efeu) mit 36 cm auskragender Brandabschottung)	53
4.2.5	..Versuch 5 (EPS-WDVS + Rankhilfe 50 cm vor dem WDVS).....	60
5	Ergebniszusammenfassung	69
6	Strategische Handlungsanleitung	72

7	Verzeichnisse	75
7.1	Literaturverzeichnis.....	75
7.2	Abbildungsverzeichnis.....	76
7.3	Tabellenverzeichnis.....	78

1 Kurzfassung

1.1 Ausgangslage

In den letzten Jahren hat sich sehr viel getan in der Forcierung von Fassadenbegrünungen in Wien – nicht zuletzt durch die Entwicklung von brandschutztechnischen Anforderungen, die einerseits das brandschutztechnische Schutzniveau an Fassaden, andererseits mindestens in gleichem Interesse die Ermöglichung maximaler Begrünungsflächen innerhalb dieses Rahmens im Auge hatte. So ist heute möglich, was vor einigen Jahren noch weit entfernt schien: basierend auf einer Richtlinie der MA 37 – KSB (Baupolizei – Kompetenzstelle Brandschutz), downloadbar unter <https://www.wien.gv.at/wohnen/baupolizei/pdf/fassadenbegruenung-2021.pdf> [1], eine Vielzahl von Begrünungskonstruktionen an die Fassade zu bringen, ohne das brandschutztechnische Risiko signifikant zu erhöhen. Diese umfassen sowohl bodengebundene Systeme als auch fassadengebundene Systeme, es werden Trogkonstruktionen ebenso behandelt wie beispielsweise vor die Fassade vorgesetzte Rankkonstruktionen.

Da Fassadenbegrünungen weiterhin einen Mosaikstein im Kampf mit städtischen Hitzeinseln darstellen und über bisher begrünte Flächen an Fassaden hinausgehendes Potenzial vorhanden ist, gibt sich die Wiener Stadtverwaltung mit den bisher erarbeiteten Lösungen selbstverständlich nicht zufrieden. Deswegen hat, federführend die Prüf-, Inspektions- und Zertifizierungsstelle (MA 39), gefördert durch die Wohnbauforschung der MA 50, und in laufendem fachlichen Austausch mit der MA 37 – KSB bzw. der Abteilung Feuerwehr und Katastrophenschutz (MA 68), das in diesem Bericht beschriebene Forschungspaket zum Brandverhalten von Fassadenbegrünungen im Jahr 2021 in Gang gesetzt.

Nach umfangreicher Selbstreflexion innerhalb der technischen Dienststellen der Stadt, aber auch aufbauend auf dem Feedback, das von Fassadenbegrünungserrichter*innen, Planer*innen, Architekt*innen oder von Brandschutzsachverständigen nach Veröffentlichung der o.a. Richtlinie an die Stadtverwaltung herangetragen wurde, wurde die Abstimmung getroffen, dass sich das gegenständliche Forschungsprojekt hauptsächlich mit Brandprüfungen im Zusammenspiel von Außenwand-Wärmedämmverbundsystemen (WDVS) mit brennbaren Dämmstoffen und auf diese montierte Begrünungen beschäftigen sollte.

1.2 Zielsetzung

Ziel dieser Studie ist es daher, festzustellen, inwieweit die Begrünung ein für die Wärmedämmung eines Gebäudes appliziertes WDVS mit dem brennbaren Dämmstoff EPS (expandiertes Polystyrol) in seinem Brandverhalten beeinflusst. Möglich erscheint etwa, dass durch die Montage der Begrünungskonstruktion an der massiven Außenwand durch das WDVS hindurch Wärme in den brennbaren Dämmstoff geleitet wird, und es dadurch zu vermehrten thermischen Schädigungen am WDVS kommt.

Zur weiteren prüftechnischen Absicherung bisheriger Anforderungen sollte darüber hinaus eine Begrünung bewusst zum Brennen gebracht und untersucht werden, ob die in der Richtlinie definierte Brandabschottung eine aus dem Mitbrand folgende Brandweiterleitung wirksam einschränkt.

1.3 Methodik

Für die großmaßstäblichen Brandversuche wurde das Brandszenario in Anlehnung an ÖNORM B 3800-5 (Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, Teil 5: Brandverhalten von Fassaden - Anforderungen, Prüfungen und Beurteilungen) [2] gewählt. Als angenommenes Szenario dient ein Vollbrand in einem Raum, der aus einem Fenster ausbricht und die anliegende Fassade angreift.

Zur Beurteilung wird jener Beitrag zur Brandausbreitung herangezogen, den die gegenständliche Fassadengestaltung (Form, Baustoffe, Montagesysteme u. a.) zusätzlich zur stets vorhandenen Ausbreitung bietet. Als Brandlast wird eine 25 kg schwere Fichtenholzkrippe verwendet.

Beurteilungskriterien sind dabei

- die Brandausbreitung entlang der Fassadenbegrünung und
- das Abfallen großer und/oder brennender Teile der Fassadenkonstruktion.

Insgesamt wurden fünf Großbrandversuche durchgeführt, wobei bei zwei Versuchen die Brandlast bewusst verdoppelt wurde (zwei Krippen zu je 25 kg Fichtenholz), um einerseits die Begrünung bewusst zur Brandweiterleitung anzuregen und um andererseits eine erhöhte Brandlast auf Balkonen, Loggien, etc. darstellen zu können.

1.4 Ergebnisse

Bei keinem der Versuche konnte festgestellt werden, dass durch die Montage diverser Begrünungskonstruktionen mittels metallischer Gewindestangen ein derartiger Temperatureintrag in die angebrachten EPS-WDVS stattfand, dass es zu einem brandschutztechnischen Versagen des Wärmedämmverbundsystems kam. Selbst bei bewusst mangelhaft angebrachten Unterkonstruktionen (z.B. offener Ringspalt bei durch das WDVS geführten Gewindestangen) war dies zu erkennen. Dies alles gilt unter der Voraussetzung, dass sowohl die Begrünung als auch das WDVS über die erforderlichen Brandschutzmaßnahmen verfügt (Brandabschottungen bzw. Brandschutzriegel). In allen Fällen erfüllten die im WDVS eingebauten, normativ vorgesehenen Steinwolle-Brandschutzriegel ihre Funktion.

Als Maximaltemperaturen wurden an den metallischen Unterkonstruktionen bei den Begrünungströgen ca. 180°C gemessen, bei den Gewindestangen der vorgesetzten Rankhilfen, die unmittelbar dem Stützfeuer ausgesetzt waren, ca. 450°C.

Klar erkennbar war weiters, dass die in der Richtlinie der MA 37 – KSB definierte Ausführung der Brandabschottungen mit mindestens 10 cm Überstand über den äußeren Rand der Begrünung ihre Funktion erfüllt. Zudem wurde festgestellt: werden die in der Richtlinie definierten Abstände bzw. Wuchstiefen nicht eingehalten, ist eine nach ÖNORM B 3800-5 unzulässige Brandweiterleitung nach oben hin über die Begrünung grundsätzlich möglich.

Weiters war – wie bei allen Brandversuchen zuvor - bei keinem der Versuche ein Herabfallen von großen oder brennenden Teilen zu beobachten, ebenso spielte auch eine seitliche Brandweiterleitung keine signifikante Rolle.

1.5 Weitere Schritte

Als Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen der Versuche lassen sich seitens der MA 39 folgende Punkte anführen:

- Die Applikation von Fassadenbegrünungen auf bestehende oder gemeinsam mit der Begrünung errichtete, hinter der Begrünung liegende WDVS mit brennbarem Dämmstoff führt zu keiner negativen Beeinflussung der brandschutztechnischen Leistung des WDVS – wenn beide Systeme konstruktiv entsprechend der brandschutztechnischen Anforderungen ausgebildet wurden (z.B. Brandabschottungen bzw. Mineralwollbrandriegel). Der (punktuelle) Temperatureintrag über die metallische Unterkonstruktion in das WDVS reicht nicht aus, um ein signifikant anderes Brandverhalten des brennbaren Dämmstoffes zu bewirken. Unabhängig davon ist selbstverständlich auf eine fachgerechte Montage beider Systeme, insbesondere im Bereich der Durchdringung der Oberfläche des WDVS durch die metallische Unterkonstruktion zu achten.

- Die in der Richtlinie der MA 37 – KSB definierten Brandabschottungen halten einem (in diesem Projekt bewusst hervorgerufenen) Mitbrand der Fassadenbegrünung stand. Es ist bei dem in der ÖNORM B 3800-5 definierten Brandszenario (Schutzziel ist das zweite über dem Primärbrandherd liegende Geschoß) an der Fassade davon auszugehen, dass eine wirksame Einschränkung der Brandweiterleitung über die Fassadenbegrünung bei Installation von Brandabschottungen erfolgt.
- Weiterhin gilt: Fassadenbegrünungen sind fachgerecht zu pflegen und in einem vitalen, funktionalen Zustand zu erhalten (Bauwerksbuch, eindeutige Regelung der Zuständigkeit für Pflege und Erhaltung der Begrünung). Erforderliche Pflegemaßnahmen sind bereits in der Planung zu berücksichtigen und gegebenenfalls im Bauwerksbuch festzuhalten. Als Anhaltspunkt für die fachgerechte Durchführung von Pflegemaßnahmen kann die mittlerweile erschienene ÖNORM L 1136 [3] herangezogen werden. Zusätzlich zu den dort definierten Maßnahmen ist insbesondere auf die Wuchstiefe der Pflanzen bzw. auf die in der brandschutztechnischen Richtlinie festgeschriebenen Randbedingungen zur Ausbreitung der Begrünung zu achten. Wächst die Begrünung in den definierten „Brandschutzkorridor“ von 10 cm oder gar über eine Brandabschottung, so kann das Schutzziel der wirksamen Einschränkung der Brandweiterleitung nicht mehr als erfüllt angenommen werden und ist im Brandfall mit einer Brandweiterleitung über mehrere Geschoße zu rechnen.

Diese Schlussfolgerungen aus den Versuchen wurden zum Abschluss des Projektes mit den Expert*innen zum Thema diskutiert, sodass im Jahr 2022 damit zu rechnen ist, dass eine überarbeitete Richtlinie der MA 37 – KSB erscheinen wird, die unter anderem die Erkenntnisse aus dieser Studie beinhalten wird. Weitere Begrünungsmaßnahmen vor allem im Zusammenhang mit Wärmedämmverbundsystemen werden dann möglich sein.

2 Summary

2.1 Initial situation

In recent years, a lot has happened in the promotion of façade greening in Vienna - not least due to the development of fire protection requirements, which on the one hand had the fire protection level of façades in mind, and on the other hand, at least in the same interest, the enabling of maximum greening areas within this scope. Thus, what seemed far away a few years ago is possible today: based on a guideline of the Municipal Department 37 (Building Inspection), available for download under

<https://www.wien.gv.at/wohnen/baupolizei/pdf/fassadenbegruenung-2021.pdf>

[1], it is possible to install a variety of greening constructions on the façade without significantly decreasing the fire protection standards. These constructions include both ground-mounted systems and façade-mounted systems; trough constructions are treated in the same way as, for example, trellis constructions placed in front of the façade.

Since façade greening continues to represent a mosaic stone in the fight against urban heat islands and there is potential beyond the previously greened areas on façades, the Vienna City Administration is of course not satisfied with the solutions developed so far. That is why, under the leadership of the Testing Centre, Inspection and Certification Body (Municipal Department 39), funded by Housing Promotion and Arbitration Board for Legal Housing Matters (Municipal Department 50), and in ongoing technical exchange with Municipal Department 37 the Fire Services and Disaster Relief (Municipal Department 68), the research package on the fire behaviour of façade greening described in this report was launched in 2021.

After extensive introspection within the technical departments of the city, but also based on the feedback received from façade greening constructors, planners, architects or fire protection experts after the publication of the above-mentioned guideline, it was agreed that the research project under consideration should mainly deal with fire tests in the

interaction of external wall thermal insulation composite systems (ETICS) with combustible insulation materials and greenery mounted on them.

2.2 Objective

The aim of this study is therefore to determine to what extent the greening affects the fire behaviour of an ETICS applied for the thermal insulation of a building with the combustible insulation material EPS (expanded polystyrene). It seems possible, for example, that heat is conducted through the ETICS into the combustible insulation material due to the installation of the greening construction on the solid exterior wall, resulting in increased thermal damage to the ETICS.

In addition, in order to further validate the previous requirements, a façade greening should be purposely made to burn and it should be investigated whether the fire protection means defined in the guideline effectively limits the fire propagation.

2.3 Methodology

For the large-scale fire tests, the fire scenario was chosen based on ÖNORM B 3800-5 (Fire Behaviour of Building Materials and Components, Part 5: Fire Behaviour of Facades - Requirements, Tests and Evaluations) [2]. The assumed scenario is a complete fire in a room that breaks out of a window and attacks the adjoining façade.

For the assessment, the contribution to the spread of flame, which is offered by the present façade design (form, building materials, mounting systems, etc.) in addition to the ever-present spread, is used. The fire load used is a 25 kg spruce wood crib.

Assessment criteria are including

- the fire propagation along the façade greening and
- the falling of large and / or burning parts of the façade construction.

A total of five large-scale fire tests were carried out, whereby the fire load was purposely doubled in two tests (two cribs of 25 kg spruce wood each), on the one hand to purposely stimulate the greenery to spread the fire and, on the other hand, to be able to represent an increased fire load on balconies, loggias, etc.

2.4 Results

In none of the tests could it be determined that the installation of various greening constructions using metal threaded rods caused such a temperature entry into the attached EPS-ETICS that it led to a fire protection failure of the composite thermal insulation system. Even in the case of purposely defective substructures (e.g. open gap in the case of threaded rods passing through the ETICS), this could be seen. All this applies under the condition that both the greening and the ETICS have the required fire protection measures (fire penetration seals or fire protection bars). In all cases, the standardised mineral wool fire protection bars installed in the ETICS fulfilled their function.

The maximum temperatures measured on the metal substructures of the greening troughs were approx. 180°C, and approx. 450°C at the threaded rods of the front trellis aids, which were directly exposed to the fire.

Furthermore, it was clearly evident that the design of the fire barriers defined in the guideline of Municipal Department 37 with at least 10 cm projection over the outer edge of the greening fulfils its function.

Additionally, it was found that if the distances or growth depths defined in the guideline are not adhered to, fire propagation upwards via the greenery is basically possible, which is not permissible according to ÖNORM B 3800-5.

Moreover, as in all previous fire tests, no falling of large or burning parts was observed in any of the tests, neither did lateral fire spread play a significant role.

2.5 Further steps

As conclusion from the results of the tests, Municipal Department 39 may state the following points:

- The application of façade greening to ETICS with combustible insulation material does not have a negative impact on the fire performance of the ETICS - if both systems are designed in accordance with the current fire protection requirements (e.g. fire penetration seals or mineral wool fire bars). The (punctual) temperature entry via the metallic substructure into the ETICS is not sufficient to cause a significantly different burning behaviour of the combustible insulation material. Regardless of this, it is of course important to ensure proper installation of both systems, especially in the area where the surface of the ETICS is penetrated by the metal substructure.
- The fire barriers defined in the guideline of Municipal Department 37 withstand a (in this project purposely induced) fire propagation of the façade greening. In the case of the fire scenario defined in ÖNORM B 3800-5 (protection goal is the second storey above the primary fire source) on the façade, it can be assumed that an effective limitation of fire propagation via the façade greening takes place when fire barriers are installed.

- Furthermore, façade greenings have to be professionally maintained and kept in a vital, functional condition (building logbook, clear regulation of the responsibility for maintenance and preservation of the greening). Necessary maintenance measures are to be taken into account during the planning phase and, if necessary, recorded in the building logbook. As a guide for the professional implementation of maintenance measures, ÖNORM L 1136 [3], may be used. In addition to the measures defined there, special attention must be paid to the growth depth of the plants or to the boundary conditions for the spread of the greenery specified in the fire protection guidelines. If the greenery grows into the defined "fire protection corridor" of 10 cm or even over a fire penetration seal, the protection goal of effectively limiting fire propagation can no longer be assumed to be fulfilled and fire propagation over several floors must be expected in the event of a fire.

These conclusions from the tests were discussed with experts on the subject at the end of the project, so that a revised guideline of the Municipal Department 37 - CCFP is expected to be published in 2022, which will include the results of this study. Further greening measures will then be possible, especially in connection with composite thermal insulation systems.

3 Ausgangslage

Ausgangspunkt für die Initiative der MA 39 zur Durchführung vorliegender Studie ist die Richtlinie der MA 37 – KSB vom 17. Juni 2021, Aktenzahl 739611 – 2021, die sich mit brandschutztechnischen Anforderungen zu Fassadenbegrünungen beschäftigt. Die wichtigsten Punkte aus der Richtlinie sollen in weiterer Folge kurz geschildert werden.

3.1 Richtlinie der MA 37-KSB zum Brandschutz bei Fassadenbegrünungen

Die Richtlinie ist anwendbar auf boden- oder wandgebundene Begrünungen aus bzw. mit Pflanzen, die unter bestimmten Bedingungen brennbar sind. Bodengebundene Begrünungen können mit oder ohne Kletterhilfe ausgestaltet werden. Bei wandgebundenen Begrünungen ist die Konstruktion definitionsgemäß so an einem Außenbauteil montiert, dass zwischen dem Pflanzenträger und dem natürlichen Boden keine feste Verbindung besteht; sie umfassen flächige, punktuelle oder lineare Systeme.

Klargestellt wird, dass Pflanzen zwar keine Bauprodukte im Sinne der Europäischen Bauprodukteverordnung darstellen, dennoch unterliegen Fassadenbegrünungen, egal ob boden- oder wandgebunden, den brandschutztechnischen Schutzziele, die an Fassaden gemäß Tabelle 1a sowie Punkt 3.5 der OIB-Richtlinie 2 [4] gestellt werden. Diese beziehen sich sowohl auf das Brandverhalten der verwendeten Materialien als auch auf eine wirksame Einschränkung einer Brandweiterleitung über die Fassadenbegrünung.

Zentraler Bestandteil der Richtlinie der MA 37 - KSB ist eine Tabelle, die die Anforderungen übersichtlich aufbereitet.

1. Gebäude der Gebäudeklasse 1 bis 3	
1.1 Anforderungen an das Brandverhalten	Nachweis der Klasse des Brandverhaltens der verwendeten Materialien entsprechend Punkt 1.2 der Tabelle 1a der OIB-Richtlinie 2, ausgenommen Pflanzen
1.2 Anforderungen hinsichtlich Brandweiterleitung bzw. Herabfallen großer Fassadenteile	keine
2. Gebäude der Gebäudeklasse 4 und 5	
2.1 Anforderung an das Brandverhalten	
2.1.1 Rankhilfen (z.B. Netze, Seile, Gitter)	Brandverhaltensklasse mindestens A2
2.1.2 sonstige Materialien	Entsprechend Punkt 1.2 der Tabelle 1a der OIB-Richtlinie 2, ausgenommen Pflanzen
2.2 Anforderungen hinsichtlich Brandweiterleitung bzw. Herabfallen großer Fassadenteile	
2.2.1 Einzelfallprüfung	Nachweis, dass es zu einer wirksamen Einschränkung der Brandweiterleitung bzw. zu einer wirksamen Einschränkung des Herabfallens großer Teile kommt (z.B. über eine Prüfung nach ÖNORM B 3800-5)
2.2.2 vertikaler Schutzabstand der Begrünung zu brennbarer Dachkonstruktion	mindestens 100 cm
2.2.3 nachweisfreie Ausführungen	a) Fassadenbegrünung höchstens über die ersten drei oberirdischen Geschoße
	b) Zwischen den Geschoßen Ausführung einer Brandabschottung aus einem durchgehenden Profil aus Stahlblech (Mindestdicke 1,0 mm) oder brandschutztechnisch Gleichwertigem, das mindestens 30 cm auskragt. Die Montage der Brandabschottung hat am Wandbildner zu erfolgen. Ein Überwachsen der Abschottung ist unzulässig.
	c) bei einer vertikal durchgehenden Fassadenbegrünung ohne dazwischen liegenden Fensteröffnungen ein horizontaler Abstand zwischen Pflanzen und Fensteröffnungen von mindestens 20 cm
	d) Fassadengebundene metallische Trogsysteme auf metallischer Unterkonstruktion mit Edelstahlbefestigung an der Fassade mit einer geschoßweisen Brandabschottung aus einem mindestens 10 cm ab Außenkante des Troges auskragenden, durchgehenden Profil aus Stahlblech (Mindestdicke 2,0 mm) oder brandschutztechnisch Gleichwertigem. Die Montage der Brandabschottung hat am Wandbildner zu erfolgen. Ein Überwachsen der Abschottung ist unzulässig.
	e) vor Balkonen bzw. Terrassen vorgesezte Begrünungsformen in Zusammenhang mit nichtbrennbaren (z.B. metallischen) Rankhilfen mit einem Mindestabstand von 50 cm ab Balkon- bzw. Terrassenvorderkante. Auf die eventuell erforderliche Freihaltung für die Inanspruchnahme eines Rettungsweges (Anleiterbarkeit) ist Bedacht zu nehmen.
3. Gebäude mit einem Fluchtniveau von mehr als 22 m	
Die Ausführung von Fassadenbegrünungen ist grundsätzlich unzulässig, ausgenommen	
<ul style="list-style-type: none"> - bei Gebäuden mit einem Fluchtniveau von nicht mehr als 32 m an öffnungslosen Fassadenbereichen, in denen im Brandfall nicht mit einer Brandübertragung in das Gebäude, Gebäudeteile oder in die Dachkonstruktion zu rechnen ist. Dabei sind alle Materialien, ausgenommen Pflanzen, in der Brandverhaltensklasse mindestens A2 auszuführen. - bei Gebäuden mit einem Fluchtniveau von mehr als 22 m und nicht mehr als 32 m an Fronten mit Fenstern im Bereich der ersten drei oberirdischen Geschoße, wenn die Maßnahmen gemäß Punkt 2.2.3 b) oder 2.2.3 c) oder 2.2.3 d) eingehalten werden. 	

Tabelle 3-1: Brandschutztechnische Anforderungen an Fassadenbegrünungen, aus [1]

Zahlreiche erläuternde Skizzen zur Tabelle sollen helfen, die verbal formulierten Anforderungen in ihrer Anwendung zu verstehen. Beispielhaft seien hier jene beiden zitiert, die in weiterer Folge dieser Studie auch zum Verständnis der Brandversuchsanordnung beitragen sollen.

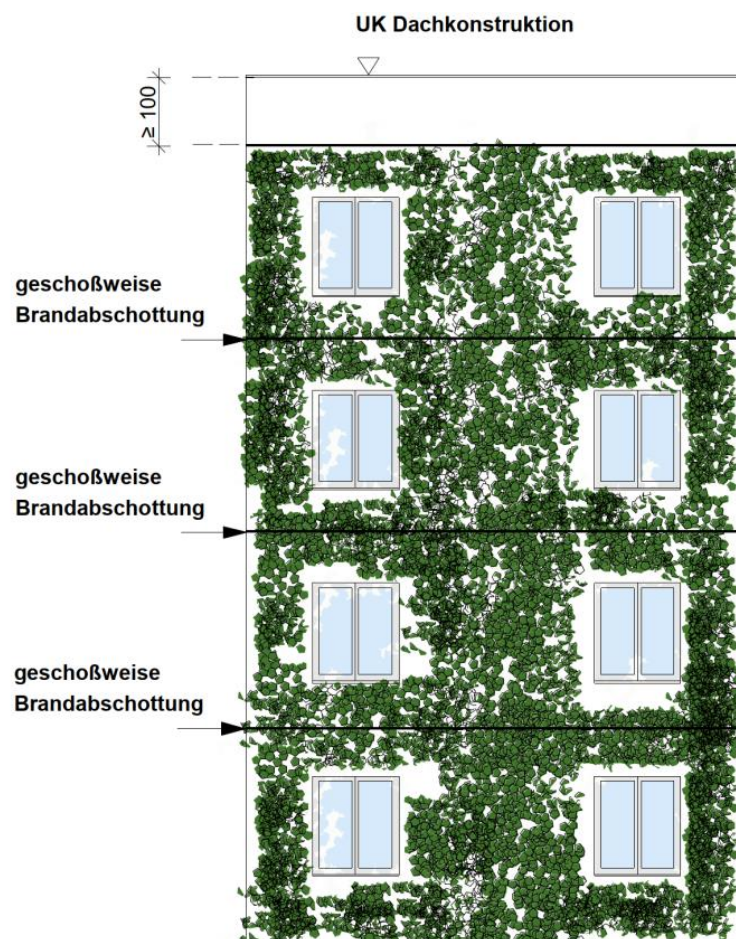


Abbildung 3-1: geschosswise Ausführung von Brandabschottungen, aus [1]

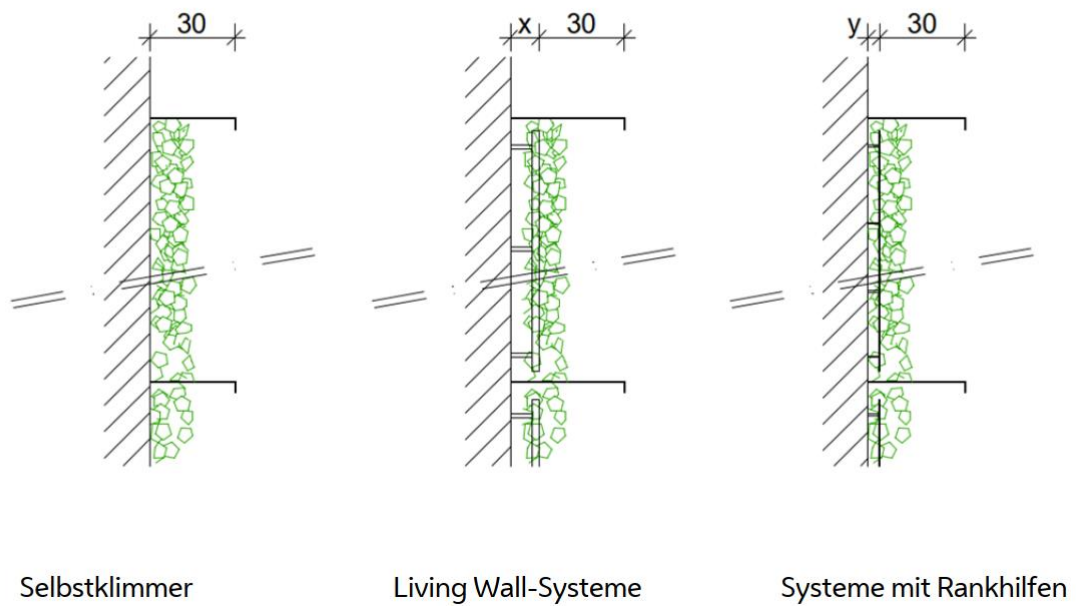


Abbildung 3-2: Auskragung der Brandabschottung bei verschiedenen Begrünungssystemen, aus [1]

Den Abschluss der Richtlinie bilden Anmerkungen zur Pflege, wobei einerseits auf die Pflegemaßnahmen gemäß ÖNORM L 1136 hingewiesen wird, andererseits verdeutlicht wird, dass brandschutztechnisch erforderliche und in der Richtlinie definierte Abstände (z.B. zu Gebäudeöffnungen oder zu Dachkonstruktionen) mittels eines geeigneten Pflegekonzeptes und/oder Überwuchsleisten dauerhaft sicherzustellen sind.

Die Richtlinie ermöglicht also nun, unter Einhaltung des allgemein anerkannten brandschutztechnischen Schutzniveaus an Fassaden eine Vielzahl möglicher Fassadenbegrünungssysteme an Gebäuden zu errichten.

3.2 Planung dieser Studie zum Thema Brandschutz

Unmittelbar nach dem Erscheinen der Richtlinie im Juni 2021 zeigten zahlreiche direkte Rückmeldungen und -fragen an die MA 37-KSB und die MA 39 von Planenden, Ausführenden und Nutzenden von Grünfassaden, dass sie auf höchstes Interesse in der Branche stieß. Eine Vielzahl von Vorträgen und Seminaren zum Thema trugen ebenso wie regelmäßige Meetings mit Partnerstädten zudem dazu bei, die Ergebnisse im gesamten deutschsprachigen Raum bekannt zu machen – insbesondere die Städte München, Hamburg und Zürich schenkten der Wiener Vorreiterrolle in der Behandlung des Brandschutzes bei Fassadenbegrünungen erhöhte Beachtung. So hat etwa die Baubehörde der Stadt Hamburg mittlerweile unter Heranziehung der Erfahrungen der Stadt Wien FAQs zum gegenständlichen Thema herausgegeben [5].

Trotz der Möglichkeiten, die die Richtlinie der MA 37-KSB auf tut und die ihre Wirkung weit über die Grenzen von Wien entfaltet haben, stehen die technischen Entwicklungen ebenso wie die architektonischen nicht still.

Insbesondere die Frage, inwieweit sich ein Fassadenbegrünungssystem in Zusammenhang mit einer dahinterliegenden Gebäudedämmung brandschutztechnisch verhält, wird in der Richtlinie nicht beantwortet. Da jedoch davon auszugehen ist, dass im Sinne der Klimawandelanpassung Wärmedämmung und Begrünung bei zukünftigen Projekten vermehrt gemeinsam errichtet werden bzw. bei Begrünung der Bestandsstadt diese beiden Systeme aufeinandertreffen, macht es Sinn, sich der Antwort zu dieser Frage in Form von Realbrandversuchen zu nähern. Daher ist der zentrale Teil dieser Studie die Durchführung von insgesamt drei Brandversuchen in Anlehnung an die ÖNORM B 3800-5 mit einem Außenwand-Wärmedämmverbundsystem (WDVS) mit brennbarem Dämmstoff bei gleichzeitiger Montage eines Begrünungssystems (Trogsystem) vor dem WDVS.

Um die oben beschriebenen, zum Teil nachweisfreien Methoden der Applikation von Begrünungssystemen an Fassaden weiter versuchstechnisch abzusichern, sind zusätzliche Versuche mit richtlinienkonformen und bewusst nicht-richtlinienkonformen Versuchsanordnungen ein weiterer Bestandteil dieser Studie.

Alle Versuchsanordnungen wurden vorab unter Organisation und Federführung der MA 39 mit der MA 37-KSB (namentlich Frau Senatsrätin Dipl.-Ing.ⁱⁿ Irmgard Eder) sowie der MA 68 (namentlich Herr Oberbrandrat Dipl.-Ing. Andreas Küblbäck, MSc und Herr Ing. Andreas Rausch, MSc) designt. Dankenswerterweise waren diese ausgewiesenen Brandschutzexpert*innen bei vielen der Brandversuche auch persönlich anwesend, um selbst „augenscheinliche“ Erfahrungen zum Verhalten der Begrünungen im genormten Brandfall zu machen. Auch dieser Studienbericht ist mit den genannten Personen abgestimmt.

Vielen Dank auch an die MA 49 - Klima, Forst- und Landwirtschaftsbetrieb für das zur Verfügung-Stellen von reichlich Pflanzenmaterial für die Untersuchungen. Dank gebührt nicht zuletzt der MA 50 für den Auftrag zur Studie, die die Initialzündung für die nun im nächsten zentralen Kapitel beschriebenen Brandversuche darstellte.

4 Realbrandversuche

Für die Großbrandversuche wurde analog zu jenen früherer Untersuchungen wiederum das Brandszenario nach ÖNORM B 3800-5 gewählt, da dieses weiterhin das national anerkannte Prüfverfahren für Fassaden ist (und wie oben beschrieben indirekt auch in den Anforderungen verankert ist) und zudem sichergestellt werden sollte, dass ein direkter Vergleich der Versuchsergebnisse zu früheren Ergebnissen vorgenommen werden konnte.

Daher soll im Folgenden ein wenig auf den Versuchsaufbau nach ÖNORM B 3800-5 eingegangen werden.

4.1 Prüfscenario nach ÖNORM B 3800-5

4.1.1 Allgemeine Betrachtungen

Bei der Entwicklung einer realitätsnahen Brandbeanspruchung im Rahmen von Fassadenprüfungen ging man basierend auf Erkenntnissen von Naturbrandversuchen davon aus, dass für den Fall eines Fensterausbrandes infolge eines Vollbrandes in einem dahinter befindlichen Raum ein Schadensfeuer mit einer ca. 5 m hohen Flamme zu erwarten ist [6]. Das bedeutet, dass unabhängig vom Brandverhalten einer allfälligen Fassadenbekleidung jedenfalls ein Geschoss über dem Primärbrandherd gänzlich von der Flamme überstrichen wird (Annahme: übliche Geschosshöhen). In Ergänzung dazu wird das zweite über dem Primärbrandherd liegende Geschoss von der restlichen Flammenlänge – der Flammenspitze –, die ca. 1,5 m hoch ist, thermisch angegriffen.

Als Grundannahme liegt dem Prüfscenario der ONORM B 3800-5 daher zugrunde, dass die Gefährdung des direkt über dem Primärbrandherd liegenden Geschosses akzeptiert und das zweite über dem Primärbrandherd liegende Geschoss als das zu schützende angesehen wird.

Die ÖNORM B 3800-5 dient also der Prüfung und Beurteilung des Brandverhaltens von Fassaden, insbesondere der Einschätzung der Brandweiterleitung über die Fassadenoberfläche. Als angenommenes Szenario dient ein Vollbrand in einem Raum, der aus einem Fenster ausbricht und die anliegende Fassade angreift. Zur Beurteilung wird jener Beitrag zur Brandausbreitung herangezogen, den die gegenständliche Fassadengestaltung (Form, Baustoffe, Montagesysteme u. a.) zusätzlich zur stets vorhandenen Ausbreitung bietet.

Mit den Prüfergebnissen gemäß dieser ÖNORM kann somit vorhergesagt werden, ob eine Fassade eine Brandausbreitung ausgehend vom zweiten über dem Brandherd liegenden Geschoss begünstigt und ob aus diesem Bereich eine Gefährdung von Rettungsmannschaften insbesondere durch das Herabfallen großer Teile besteht.

Nicht Gegenstand der Untersuchungen sind das Brandverhalten und allfällige Brandnebenerscheinungen, die bei einem Fensterausbrand im ersten über dem Primärbrandherd liegenden Geschoss hervorgerufen werden können. In der ÖNORM B 3800-5 wird auch keine Feuerwiderstandsdauer der Fassadenkonstruktion ermittelt.

4.1.2 Versuchsanordnung

Die Fassadenkonstruktion ist für diese Prüfung auf einem witterungsunabhängigen Prüfstand (simulierte Außenwand) im natürlichen Maßstab mit einspringender Gebäudekante analog dem originalen Einbauzustand anzubringen und durch eine definierte Brandlast bei natürlichen Lüftungsbedingungen thermisch zu beanspruchen. Der thermische Angriff der Flammenspitze wird durch einen Krippenbrand einer 25 kg schweren Fichtenholzkrippe nachgebildet. Die Anordnung der Holzkrippe wird dabei in einer Innenecke einer Fassade hinter einem virtuellen Fenster festgelegt. Dies hat zur Folge, dass aufgrund der Strömungsbedingungen, die in einer Innenecke eine Verlängerung der Flamme bewirken, der größtmögliche thermische Angriff simuliert wird.

Der Prüfstand ist als Ecke einer Gebäudeaußenwand mit einer Fensteröffnung zu betrachten und der Prüfkörper ist unmittelbar auf die Wände des Prüfstandes zu applizieren. Die Wände des Prüfstandes bestehen aus mineralischen nichtbrennbaren Bauprodukten.

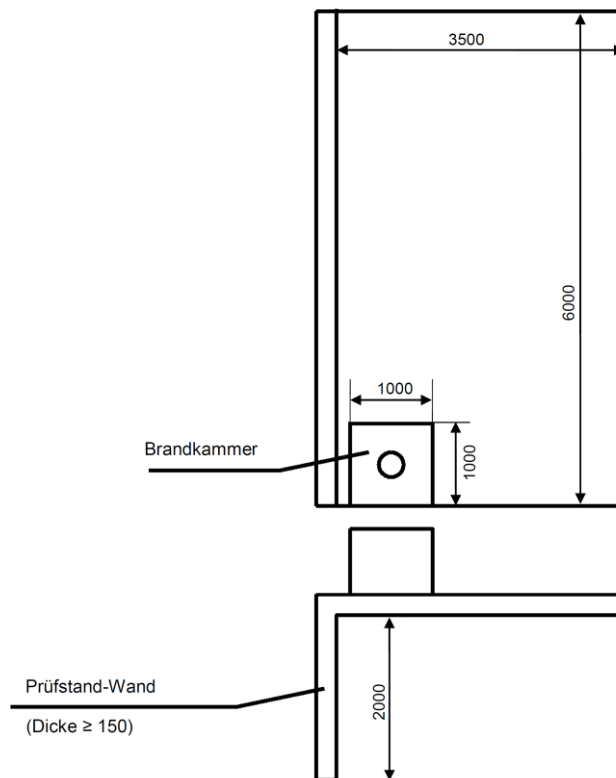


Abbildung 4-1: beispielhafte Ansicht des Fassadenprüfstandes, Maße in mm (aus [2])

Eine Holzkrippe mit einer Gesamtmasse von $25 \text{ kg} \pm 1 \text{ kg}$ besteht aus 72 gehobelten Fichtenholzstäben mit den Maßen $4 \times 4 \times 50 \text{ cm}$, die in 12 Lagen zu je 6 Stäben kreuzweise vernagelt werden. In die unterste Lage werden zwei Blechwannen eingeschoben, die unmittelbar vor Beginn der Prüfung (frühestens 5 Minuten vor Prüfbeginn) mit jeweils 200 ml Isopropanol befüllt werden. Die Entzündung des Isopropanols erfolgt mit einer offenen Flamme.

Um einen kontinuierlichen Flammenaustritt aus der Brandkammeröffnung sicherzustellen wird ein zusätzlicher Luftstrom ($400 \text{ m}^3/\text{h}$) durch eine runde Öffnung

(Durchmesser 30 cm) in der Rückwand der Brandkammer eingeblasen. Die Zuschaltung des Lüfters erfolgt nach der teilweisen Entflammung der Krippe nach der zweiten Minute.

An mindestens folgenden Punkten sind während der Prüfung Temperaturmessungen durchzuführen:

- Thermoelement im Sturzbereich
- Thermoelement 25 cm oberhalb der Sturzkante, 10 cm vor der Fassade
- Thermoelement 25 cm oberhalb der Sturzkante, mittig in der Fassenkonstruktion
- Thermoelement 2 m oberhalb der Sturzkante, 10 cm vor der Fassade
- Thermoelement 2 m oberhalb der Sturzkante, mittig in der Fassenkonstruktion
- Thermoelement an der Oberkante des Prüfstandes, 10 cm vor der Fassade
- Thermoelement an der Oberkante des Prüfstandes, mittig in der Fassenkonstruktion

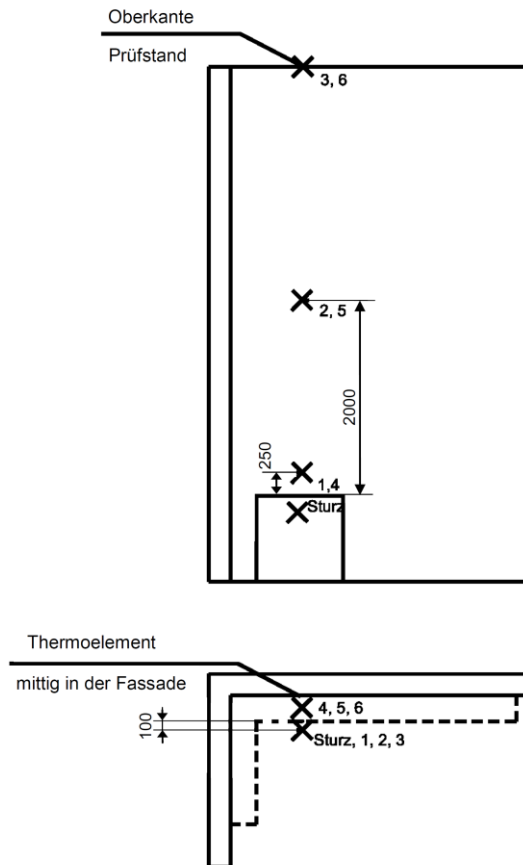


Abbildung 4-2: Lage der Thermoelemente, Maße in mm (aus [2])

Während der Prüfung muss die Umgebungstemperatur im Bereich zwischen 5 °C und 30 °C liegen. Mit der Zündung des Isopropanols in den beiden Blechwannen beginnt die Prüfung. Nach Ablauf der zweiten Prüfminute wird der Lüfter für den zusätzlichen Verbrennungsluftstrom zugeschaltet.

Der Prüfungsverlauf ist fotografisch in Zeitabständen unter 2 Minuten oder durch kontinuierliche Aufzeichnung mittels einer Videokamera zu dokumentieren. Die Prüfung endet frühestens nach 30 Minuten und endet spätestens zu dem Zeitpunkt, an dem weder optisch noch durch Messungen Branderscheinungen feststellbar sind.

Folgende Beobachtungen sind während der Prüfung vorzunehmen:

- Visuelle Beobachtung der Flammenausbreitung und
- Visuelle Beobachtung des Herabfallens großer Teile

Das Prüfergebnis gilt als positiv, wenn in dem durch den Prüfstand und die Prüfanordnung gebildeten Bereich

- keine Brandweiterleitung (nach übereinstimmender internationaler Meinung der Brandprüfstellen hat dann keine Brandweiterleitung stattgefunden, wenn kein Bereich außerhalb der Primärflamme in Brand geraten ist),
- die Erfüllung des Temperaturkriteriums (Temperaturen hinter der Oberfläche der Fassade dürfen während der Prüfung nicht größer sein als vor der Oberfläche der Fassade) und
- kein Herabfallen großer oder brennender Teile festgestellt wurde (große Teile sind Plattenteile oder Elemente mit Flächen $> 0,4 \text{ m}^2$ oder mit Massen $> 5 \text{ kg}$).

Mit den Prüfergebnissen kann somit vorhergesagt werden, ob eine Fassade eine Brandausbreitung ausgehend vom zweiten über dem Brandherd liegenden Geschoss begünstigt, und ob aus diesem Bereich eine Gefährdung, insbesondere durch das Herabfallen großer Teile, besteht. Analog dazu sind die brandschutztechnischen Schutzziele an Fassaden in den OIB-Richtlinien 2 und 2.3 formuliert. [4] [7]

Ausdrücklich angemerkt werden darf, dass das Brandverhalten und allfällige Brandnebenerscheinungen, die bei einem Fensterausbrand im ersten über dem Primärbrandherd liegenden Geschoss hervorgerufen werden, nicht Gegenstand dieser Prüfung sind.

Über das Brandszenario der ÖNORM B 3800-5 hinausgehend wurde bei manchen der Studienversuche die doppelte Brandlast in Form von zwei Holzkrippen zu je 25 kg angesetzt. Dazu wurde auch die Breite der Brandkammer auf gesamt 1,5 Meter erhöht. Der Grund für diese Erhöhung lag darin, dass bei diesen Versuchen der Fokus darauf lag, die Begrünung (direkt am Prüfstand bzw. vorgesetzte Rankhilfen) bewusst zum Mitbrand zu bringen, um die Wirkung von Brandabschottungen zu überprüfen. Um dies möglichst sicherzustellen, wurde auf die doppelte Brandlast zurückgegriffen. Bei der Detailbeschreibung der Versuche im folgenden Unterkapitel 4.2 wird dies bei den jeweiligen Versuchen nochmals betont.

Ein weiterer Unterschied zur Prüfnorm liegt dahingehend vor, dass sich die Brandkammer nicht in der Innenecke des Prüfstandes befand, sondern etwa 0,5 m bis 1,0 m von der Innenecke des Prüfstandes abgerückt an der längeren Prüfstandseite. Dies begründete sich damit, dass in vorhergehenden Versuchen festgestellt wurde, dass es selbst in der Innenecke (strömungstechnisch kritischer) zu keiner seitlichen Brandweiterleitung an der Fassadenbegrünung kam. Somit konnte der Versuchsaufbau vereinfacht werden (einfachere Montage der Systeme in der Fläche), ohne an Erkenntnisgewinn zu verlieren.

4.2 Großmaßstäbliche Versuche

Die geplante Versuchsreihe beschäftigt sich, wie bereits in der Einleitung angeschnitten, mit zwei Themenblöcken: einerseits sollte das Zusammenspiel einer Fassadenbegrünung mit Wärmedämmverbundsystemen, ausgeführt mit einem brennbaren Dämmstoff (gewählt wurden Fassadendämmplatten aus expandiertem Polystyrol - EPS) untersucht werden.

Andererseits sollten nachweisfreie Konstruktionen ein weiteres Mal versuchstechnisch bestätigt werden bzw. deren Grenzen vor allem in Hinblick auf eventuell geringere Auskragungen von Brandabschottungen ausgelotet werden.

Auf diese Versuche wird nun zuerst eingegangen.

4.2.1 Versuch 1 (Efeu mit 30 cm auskragender Brandabschottung, ohne WDVS)

Diesem Versuch lag die Idee zugrunde, die in der Richtlinie der MA 37 – KSB angegebene Ausführung unter 2.2.3 b) neuerlich zu bestätigen. Die Anforderung, lautend: *„Zwischen den Geschoßen Ausführung einer Brandabschottung aus einem durchgehenden Profil aus Stahlblech (Mindestdicke 1,0 mm) oder brandschutztechnisch Gleichwertigem, das mindestens 30 cm auskragt. Die Montage der Brandabschottung hat am Wandbildner zu erfolgen. Ein Überwachsen der Abschottung ist unzulässig.“* hat sich aus einer Vielzahl von Versuchen mit klassischen vorgehängten hinterlüfteten Fassadensystemen und Versuchen an Fassadenbegrünungen ergeben, wobei die auskragende Brandabschottung jeweils direkt über der Brandkammer angebracht war. Nun sollte getestet werden, ob die Brandabschottung ihre Funktion auch dann erfüllt, wenn die Begrünung z.B. im Primärbrandgeschoß in Brand gerät und sich dieser Brand bis zur Brandabschottung im darüber liegenden Geschoß ausbreitet. Dann muss die Brandabschottung verhindern, dass es zu einer Brandweiterleitung über die Brandabschottung hinaus kommt.

In Zusammenarbeit mit der MA 49 wurde die Kletterpflanze Efeu (botanisch: *Hedera helix*), die am 9. August 2021 geerntet, in die Brandversuchshalle der MA 39 geliefert und in der Nacht auf den 10. August 2021 benässt wurde, am 11. August 2021 direkt auf den Fassadenprüfstand der MA 39 (massiv, mineralisch, aus Porenbeton) montiert.

Efeu wurde deswegen für diesen Versuch ausgewählt, da dieser als Fassadenkletterpflanze in Wien vorkommt, eine immergrüne Pflanze darstellt, üblicherweise eine hohe Triebdichte aufweist und zudem die Efeublätter brennbare ätherische Öle enthalten. Efeu ist somit brandschutztechnisch als der „worst case“ anzusehen, was auch in der Literatur beschrieben wird. [8]

Versuchsaufbau

Die Triebe und die Blätter wurden mittels Nägeln und Heftklammern wandnah montiert und die Zweige praxisnah nicht unmittelbar entlang der Prüfstandwand geführt (Abstand von der Wand ca. 5 – 10 cm). Die Triebdichte entsprach früheren Versuchen, die mit Botanikexpert*innen hinsichtlich einer realistischen Belegung abgestimmt waren. Ein Klettergerüst wurde nicht verwendet.

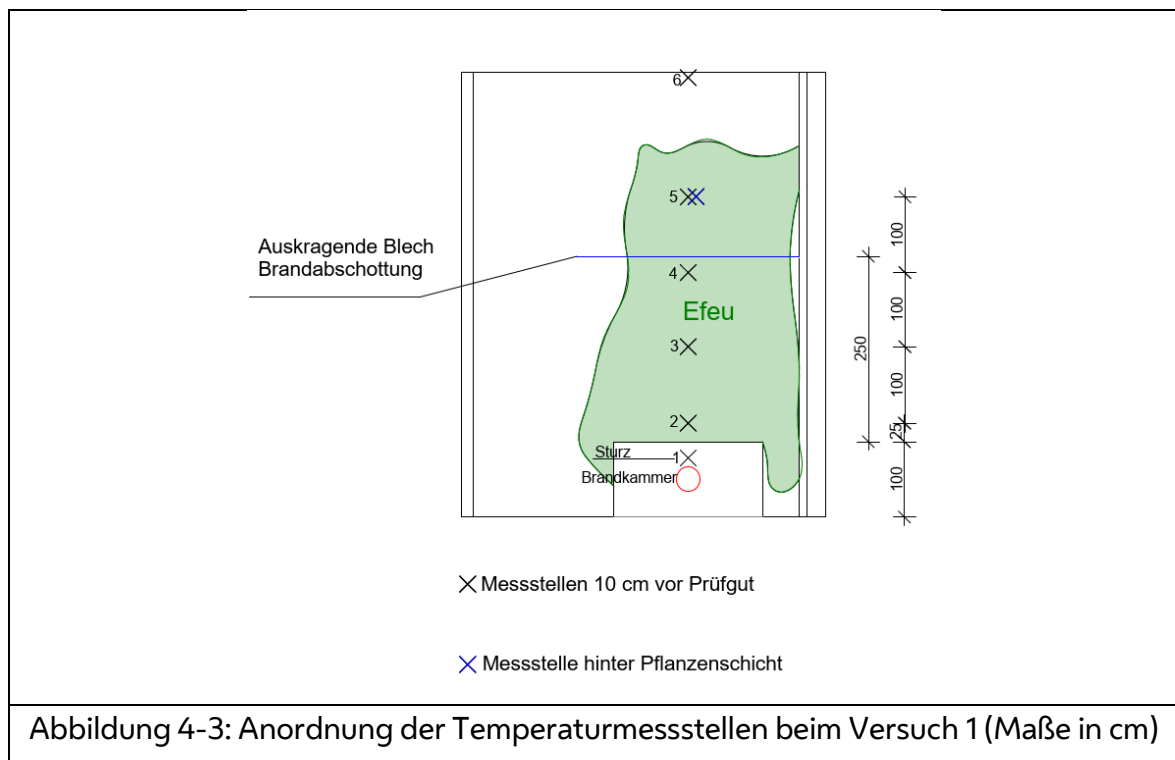
In dieser Form wurde eine Prüfstandsfläche von etwa 4 m Höhe x 3 m Breite am langen Flügel belegt. Die Kletterpflanze wurde auch unmittelbar zur Brandkammer geführt, eine unbelegte Fläche war weder direkt über noch direkt seitlich neben der Brandkammer gegeben. Die Brandkammer selbst hatte eine Dimension von 1 m Höhe und 1,5 m Breite und ist damit breiter als normativ vorgesehen. Dies hatte den Grund darin, dass bei diesem Versuch der Efeu bewusst zum Mitbrand angeregt werden sollte und, um dies möglichst zu erreichen, zwei Stück Holzkrippen zu je 25 kg in die Brandkammer eingebracht wurden. In einer Höhe von 2,5 m über der Brandkammer (nächsthöheres Geschoß) wurde ein 30 cm tiefes gekantetes Edelstahlblech mit einer Materialdicke von 1,0 mm mechanisch an den Prüfstand montiert, es reichte über die gesamte Breite der Begrünung.

Nachdem der montierte Efeu selbst auch eine gewisse, variierende Tiefe aufwies, lag die Auskragung des Bleches vor dem Efeu im Bereich von ca. 12 cm bis ca. 25 cm (siehe auch die folgende Bilddokumentation des Versuches).

Der Prüfkörper wurde unmittelbar nach der Montage an den Prüfstand der Prüfung zugeführt, um den Efeu in möglichst vitaler Form zu prüfen.

Insgesamt wurden 7 Thermoelemente bei diesem Versuch zur Messung von Temperaturen verwendet. Die Thermoelemente wurden im Sturzbereich, 250 mm, 1000 mm, 2500 mm, 3500 mm und am oberen Rand des Prüfstandes oberhalb der Sturzkante mittig der Brandkammer, jeweils ca. 100 mm vor der Begrünung angebracht. Ein zusätzliches Thermoelement wurde weiters in der Höhe von 3500 mm oberhalb der Sturzkante von hinten durch die Prüfstandswand geführt und detektiert somit Temperaturen innerhalb der Efeubegrünung.

Die folgende Skizze zeigt die Anordnung der Messstellen.



Versuchsdurchführung

Als Brandlast wurden zwei Holzkrippen verwendet, die aus gehobelten Fichtenholzstäben (jeweils 4 cm breit, 4 cm hoch und 50 cm lang) bestehen. Aus 72 Stäben mit einem Gesamtgewicht von je 25 kg +/- 1 kg wurden die Holzkrippen hergestellt, indem die Stäbe kreuzweise vernagelt werden. So entstehen Holzkrippen mit einer Grundfläche von 0,5 m x 0,5 m und einer Höhe von 0,48 m (entspricht etwa einer Brandlast von je 350 – 400 kW).

Die Holzkrippen werden jeweils auf eine allseits offene Metallunterkonstruktion mit einer Grundfläche von je 0,5 m² in die Brandkammer gestellt (Höhe 0,70 m). Der seitliche Abstand der Holzkrippen zu den Wänden der Brandkammer beträgt beidseits 0,25 m. Die Vorderseiten der Krippen schließen bündig mit der Vorderseite des Prüfstandes im unbedeckten Zustand ab.

Die Zündung der beiden Holzkrippen wird mittels Isopropanol ausgelöst. Dazu werden unmittelbar vor Versuchsbeginn vier Blechwannen in die unterste Lage der Holzstäbe (jeweils in den zweiten äußeren Zwischenraum) eingeschoben und mit jeweils 200 ml Isopropanol befüllt. Die Entzündung des Isopropanols erfolgt mit einer offenen Flamme.

Zwei Minuten nach Zündung wird ein Lüfter, der sich hinter den Holzkrippen befindet, eingeschaltet und ein zusätzlicher Luftstrom (Volumenstrom 400 m³/h) durch eine runde Öffnung (Durchmesser 0,3 m) generiert.

Die Prüfung erfolgte am 11. August 2021. Die Temperatur in der Brandversuchshalle betrug 26,5 °C, die relative Luftfeuchtigkeit 32,0 % und der Luftdruck 1001 mbar.

Versuchsbeobachtungen

Versuchsbeginn:	Zündung des Isopropanols
1 Minute und 26 Sekunden:	Qualmbildung
1 Minute und 50 Sekunden:	Glimmen der Efeuspitzen über der Brandkammer
2 Minuten:	Zuschalten des Ventilators; Mitbrand des Efeus unmittelbar über der Brandkammer
2 Minuten und 20 Sekunden:	Mitbrand breitet sich strohfeuerartig auf 1 m Höhe über Brandkammer aus
2 Minuten und 40 Sekunden:	Strohfeuereffekt (wenige Sekunden andauernder Mitbrand des Efeus) führt zu einer Brandweiterleitung bis zur Brandabschottung
3 Minuten:	nichtbrennendes Abfallen von Pflanzen
4 Minuten und 47 Sekunden:	neuerlicher Mitbrand des Efeus über der Brandkammer, Flammen wieder unmittelbar bis zur Brandabschottung
5 Minuten und 20 Sekunden:	Flammen schlagen kurzfristig über Abschottung, kein Mitbrand oberhalb der Brandabschottung
6 Minuten:	kurzzeitiger Mitbrand des herabfallenden Materials
7 Minuten und 30 Sekunden:	Mitbrand herabfallender Triebe
8 Minuten:	erneut kurzzeitige Flammenausbreitung bis zur Brandabschottung
11 Minuten und 40 Sekunden:	Strohfeuereffekt im oberen linken Bereich unterhalb der Abschottung
12 Minuten und 8 Sekunden:	Strohfeuereffekt im oberen mittleren Bereich unterhalb der Abschottung
14 Minuten und 40 Sekunden:	neuerlich reichen Flammen bis zur Abschottung, kein Mitbrand oberhalb der Abschottung
21 Minuten:	Zerfall der Holzkrippen

30 Minuten: Versuchsende – kein Mitbrand oberhalb der Abschottung und keine weiteren Veränderungen am Probekörper zu beobachten

Versuchsergebnisse

Die Aufzeichnungen der Thermoelementmessungen zeigten folgende Temperaturverläufe:

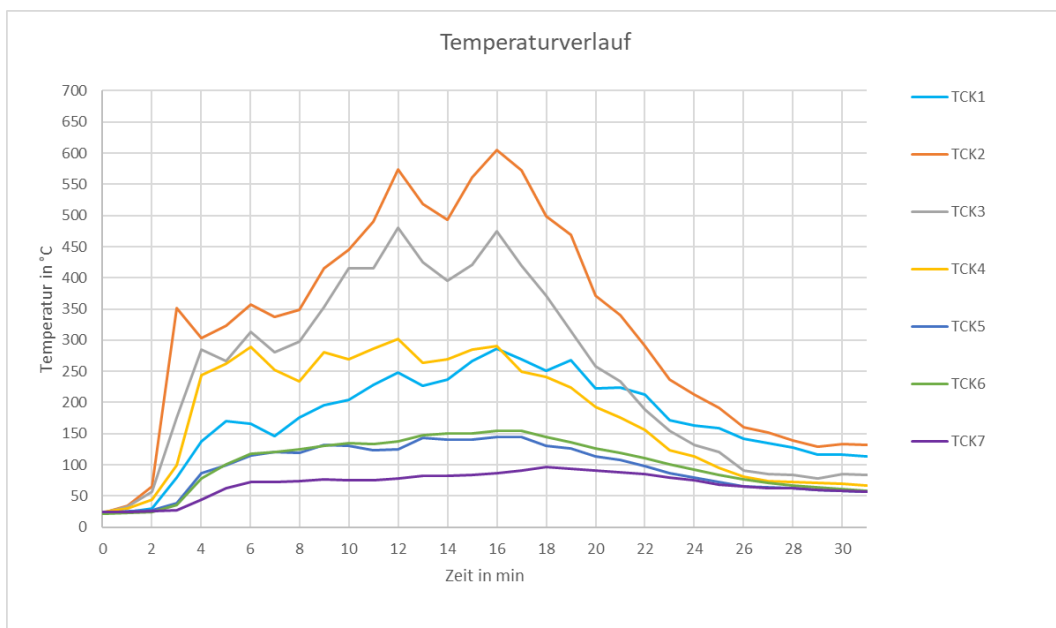


Abbildung 4-4: Temperaturverläufe an den Thermoelementen 100 mm vor der Begrünung (TCK 1-6) und auf 3500 mm hinter dem Prüfgut (TCK 7)

Aus den Temperaturaufzeichnungen ist klar zu erkennen, dass die Brandabschottung wirkt, die Ausbreitung der Flammen entlang der Fassade durch die Abschottung verhindert wird und somit die Temperaturen oberhalb der Abschottung 100 mm vor dem Efeu maximal ca. 150°C und innerhalb der Begrünung auf maximal 100°C steigen. Dies sind Temperaturen, die unter den in der einschlägigen Literatur und aus früheren Brandversuchen geschilderten Entzündungstemperaturen von etwa 500°C liegen. Die Temperaturaufzeichnung knapp unterhalb der Abschottung zeigt eine Temperatur von ca. 300°C.

Oberhalb der Brandkammer waren die Pflanzen bis zur Brandabschottung (bis zu einer Höhe von ca. 3,5 m) innerhalb praktisch vollständig verbrannt und kein Grün am Prüfstand vorhanden. Links und rechts der Brandkammer war wie bei früheren Versuchen auch schon lediglich die thermische Austrocknung des Efeus zu erkennen, ein seitlicher Mitbrand jedoch nicht.

Dies gilt auch für die Begrünung oberhalb der Brandabschottung, dort war nur eine geringe Schädigung (vertrocknete Pflanzenteile) erkennbar. Die Brandabschottung hat somit ihre Funktion erfüllt und verhindert, dass die Brandweiterleitung in den darüber liegenden Bereich wanderte. Es sind keine großen Teile ($> 0,4 \text{ m}^2$ oder $> 5 \text{ kg}$) abgefallen.

Bilddokumentation

 A photograph showing a lush green ivy facade on a light-colored stone wall. A horizontal metal beam is visible across the top of the ivy.	 A photograph showing the same ivy facade during a fire test. A large fire is burning in the center, reaching up to about 1 meter height. The ivy is partially charred and blackened.
Abbildung 4-5: Grünfassade vor der Fassadenbrandprüfung	Abbildung 4-6: Mitbrand der Grünfassade nach ca. 2 Minuten bis 1 m Höhe



Abbildung 4-7: Flammen erreichen die Edelstahlabschottung (2 Minuten 40 Sekunden)



Abbildung 4-8: Flammen erreichen neuerlich die Abschottung (5 Minuten 20 Sekunden)



Abbildung 4-9: Brandversuch nach 8 Minuten, durch strohfeuerartigen Mitbrand neuerlich Flammen an der Abschottung



Abbildung 4-10: Nach 11 Minuten und 44 Sekunden, Durchzündung im oberen linken Bereich unterhalb der Abschottung

4.2.2 Versuch 2 (EPS-WDVS + Trogsystem mit 30 cm auskragender Brandabschottung)

Alle weiteren vier Versuche wurden im Zusammenspiel von Begrünung mit einem EPS-WDVS durchgeführt. In dreien dieser Versuche wurden durch das EPS-WDVS metallische Trogsysteme (fassadengebundene Begrünung), in einem eine vorgesetzte metallische Rankhilfe montiert. Das Aluminium-Trogsystem, das stellvertretend für alle metallischen Trogsysteme herangezogen wurde, ist das Grünwandsystem der Firma TechMetall, das dankenswerterweise von der Firma TechMetall aufgebaut und zur Verfügung gestellt wurde.

Versuchsaufbau

Applizieren des EPS-WDVS

Beginnend am 12. August 2021 wurde ein WDVS unter Verwendung des brennbaren Dämmstoffes EPS entsprechend den Herstellerangaben durch Mitarbeiter der Firma TechMetall am Fassadenprüfstand der MA 39 aufgebracht. Dazu wurden die handelsüblichen EPS-F-Platten mit einer Dicke von 20 cm auf den Prüfstand geklebt und gedübelt, wobei eine Fläche von ca. 3 m x 3 m oberhalb der Brandkammer am langen Prüfstandflügel belegt wurde. Unmittelbar oberhalb der Brandkammer wurde ein handelsüblicher Brandschutzriegel aus Mineralwolle mit einem Schmelzpunkt > 1000°C in einer Höhe von 20 cm und einer Dicke von 20 cm (2 Streifen zu je 10 cm Dicke) über die gesamte Breite des Systems geklebt und gedübelt. Dieser Brandschutzriegel entspricht in seiner Ausführung den Anforderungen des Punktes 3.5.3 der OIB-Richtlinie 2 zur brandschutztechnisch geeigneten Ausführung von Brandschutzriegeln bei WDVS mit EPS als Dämmstoff.

Die Dämmung wurde anschließend fachgerecht nach den Herstellerangaben armiert (Glasgewebe, Unterputz, Primer; doppelte Gewebelage im Sturzbereich) und im letzten Arbeitsschritt mit einem Silikatputz mit einer Schichtdicke von 2,0 mm und einem Größtkorn von 1,5 mm ausgestattet. Die folgenden Abbildungen geben einen Überblick über die Arbeitsschritte.



Abbildung 4-11: Verkleben und Verdübeln der EPS-Platten und des Brandschutzriegels am Fassadenprüfstand



Abbildung 4-12: Dämmstoffdicke EPS 20 cm, Brandschutzriegel in 2 x 10 cm Dicke appliziert



Abbildung 4-13: verkleben und verdübeln der zweiten Lage Mineralwolle im Sturzbereich



Abbildung 4-14: armieren und spachteln des WDVS

Danach wurde das WDVS für 21 Tage am Prüfstand unter Laborbedingungen getrocknet. Am 2. September 2021 wurde auf das EPS-WDVS ein fassadengebundenes Begrünungssystem bestehend aus Trögen montiert. Es wurde ein 3 m hohes und 3 m breites Grünwandssystem bestehend aus elf ca. 10 cm hohen und 16 cm tiefen trapezförmig ausgebildeten Aluminiumblechtrögen (Materialdicke 2,0 mm, Länge 3,0 m), welche jeweils im Abstand von ca. 12 cm übereinander angeordnet sind, mittels einer Aluminiumschienen-Unterkonstruktion (4 gleichmäßig über die Breite verteilte Schienen, über die gesamte Höhe, Dimension 60/30 mm, Materialdicke 3mm), die ihrerseits mit eingeklebten Gewindestangen (M12) aus Edelstahl am Prüfstand und somit durch das EPS-WDVS hindurch montiert war, am Prüfstand angebracht. Die Gewindestangen hatten einen Durchmesser von 12 mm. Aufgrund der Unterkonstruktion war ein Luftspalt zwischen der Oberfläche des WDVS und der Rückwand der Aluminiumtröge von ca. 30 mm gegeben.

Im Sturzbereich war als Brandabschottung für die Fassadenbegrünung ein über die gesamte Breite reichendes, diesmal 2,0 mm dickes gekantetes Edelstahlprofil mechanisch montiert, das exakt 10 cm vor den äußersten Punkt des Trogsystems auskragte (vgl. nachweisfreie Variante 2.3.3 d) aus der Richtlinie der MA 37 – KSB). Dieses wurde mit 6 Stück Gewindestangen durch den Brandschutzriegel des WDVS auf der Prüfstandwand montiert. Dies stellt die reale Maximalanzahl an Gewindestangen und somit ein maximales Durchstoßen des WDVS dar.

Details der Anordnung sind den folgenden Abbildungen zu entnehmen.

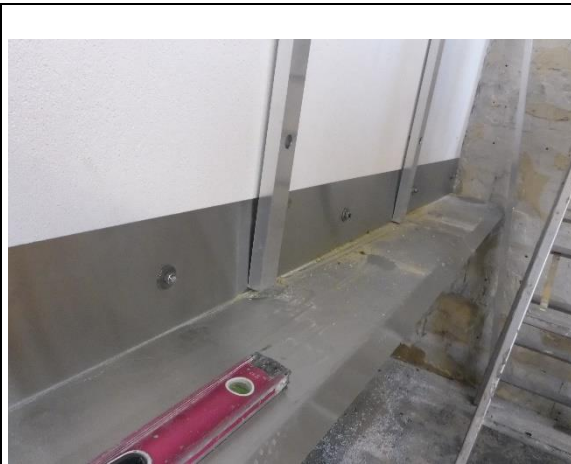
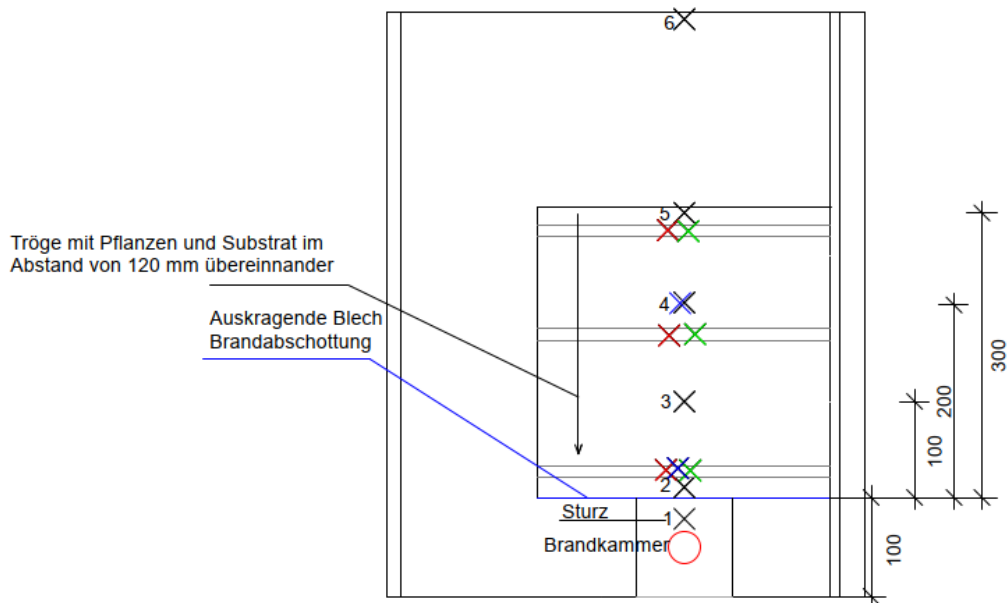


Abbildung 4-15: Montage von Brandabschottung des Begrünungssystem durch EPS-WDVS hindurch



Abbildung 4-16: Befüllen der Pflanztröge, darunter Brandabschottung und Unterkonstruktionsschienen



Tröge mit Pflanzen und Substrat im Abstand von 120 mm übereinander

Auskrägende Blech Brandabschottung

Sturz
Brandkammer

- × Messstellen 10 cm vor Prüfputz
- × Messstellen mittig in WDVS
- × Messstellen auf der Trogaussenkante
- × Messstellen im Substrat

Abbildung 4-17: Skizze der Montage des Aluminiumtrogsystems am Prüfstand, Brandabschottung im Sturzbereich mit 100 mm Auskrägung vor Außenkante Trog

Laut Hersteller übliche Grünpflanzen verschiedener Art und Größe wurden in einem vertikalen Abstand der Pflanzen von maximal 10 cm in das mit Erde befüllte Trogsystem eingepflanzt. Zum Teil überdeckten die Pflanzen die Tröge, eine durchgehende „Pflanzenschicht“ war jedoch nicht gegeben. Es entstand ein praxisnahes Gewicht des Systems von ca. 20 kg/m Trogprofil. Es wurde kein Bewässerungssystem verlegt. Die Liste der eingesetzten Pflanzen umfasste folgende Spezies:

- *Bergenia cordifolia*
- *Iberis sempervirens*
- *Iris barbata-elatior*
- *Geranium cantabrigiense, Geranium endressii, Geranium macrorrhizum*
- *Heuchera cultorum*
- *Lychnis chalcedonia*
- *Potentilla atrosanguinea*
- *Hosta fortunei*
- *Hypericum perforatum*

Die Tröge enthalten neben dem Erds substrat auch ein darunter eingelegtes Polypropylen-Vlies mit einem Gewicht von ca. 800 g/m² als mechanischen Schutz und als Wasserspeicherelement. Es hat eine Dicke von 10 mm und entspricht lt. Herstellerangaben der Brandverhaltensklasse B2 nach DIN 4102-1.

In dieser Form wurde eine Prüfstandfläche von etwa 3 m Höhe x 3 m Breite am langen Flügel belegt (siehe folgende Abbildungen).



Abbildung 4-18: Detailaufnahme der erdbefüllten und bepflanzten Tröge

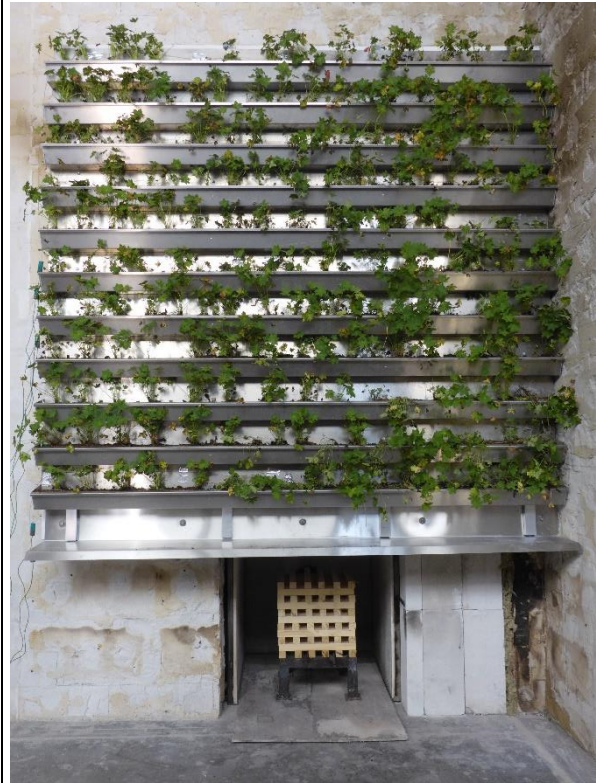


Abbildung 4-19: Gesamtaufnahme des Versuchsaufbaues unmittelbar vor der Prüfung

Unmittelbar nach der Montage an den Prüfstand und Einsetzen der vitalen Pflanzen wurde der fertige Prüfkörper dem Versuch zugeführt, um die Grünpflanzen in möglichst vitaler Form zu prüfen.

Thermoelemente wurden wiederum im Sturzbereich, 250 mm, 1000 mm, 2500 mm, 3500 mm und am oberen Rand des Prüfstandes oberhalb der Sturzkante mittig der Brandkammer, jeweils ca. 100 mm vor den Trögen angebracht, zudem drei zusätzliche Temperaturmessstellen an der Vorderseite der Tröge, direkt auf den Trögen (Reihe 1, Reihe 6 und oberste Reihe, mittig über der Brandkammer), drei zusätzliche in den genannten Trogreihen im Substrat (mittig über der Brandkammer) und schließlich zwei weitere in der Dickenmitte der EPS-Dämmung, 300 mm über Sturz und 2000 mm über Sturz, mittig der Brandkammer.

Versuchsdurchführung

Die Versuchsdurchführung entspricht nun exakt jener der ÖNORM B 3800-5, es wurde also eine 25 kg-Holzkippe in einer Brandkammer der Dimension 1 m x 1 m als Stützfeuer verwendet. Die Lüftungsbedingungen waren die gleichen wie bei Versuch 1.

Die Prüfung erfolgte am 3. September 2021. Die Temperatur in der Brandversuchshalle betrug 22,3 °C, die relative Luftfeuchtigkeit 32,5 % und der Luftdruck 1005,3 mbar.

Versuchsbeobachtungen

Versuchsbeginn:	Zündung des Isopropanols
2 Minuten:	Zuschalten des Ventilators
3 Minuten und 40 Sekunden:	Dunkelfärbung der Pflanzen oberhalb der Brandkammer (ca. 4. Trogreihe)
4 Minuten:	Glimmen der Pflanzenspitzen im Bereich der 4. Trogreihe
12 Minuten:	Verfärbung und Wölbung der Brandabschottung unmittelbar über der Brandkammer
20 Minuten:	beginnendes Zusammenbrechen der Holzkippe, keine weiteren Veränderungen
30 Minuten:	Versuchsende – keine weiteren Veränderungen am Probekörper zu beobachten

Die maximale augenscheinliche Flammenhöhe betrug bis zu ca. 0,8 m über der Brandabschottung.

Versuchsergebnisse

Die Aufzeichnungen der Thermoelementmessungen zeigten folgende Temperaturverläufe (Thermoelemente 7 und 14 sind jene im Wärmedämmverbundsystem, Thermoelemente 8, 10 und 12 sitzen auf der Außenkante der Tröge, Thermoelemente 9, 11 und 13 sind mittig in der Wanne im Substrat eingesetzt):

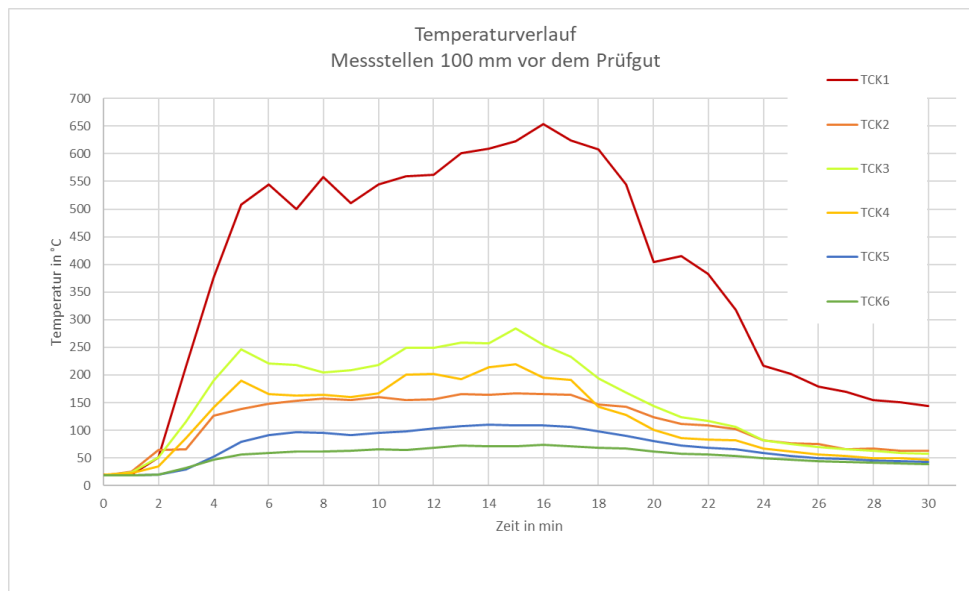


Abbildung 4-20: Temperaturverläufe der Thermoelemente 1-6, Versuch 2

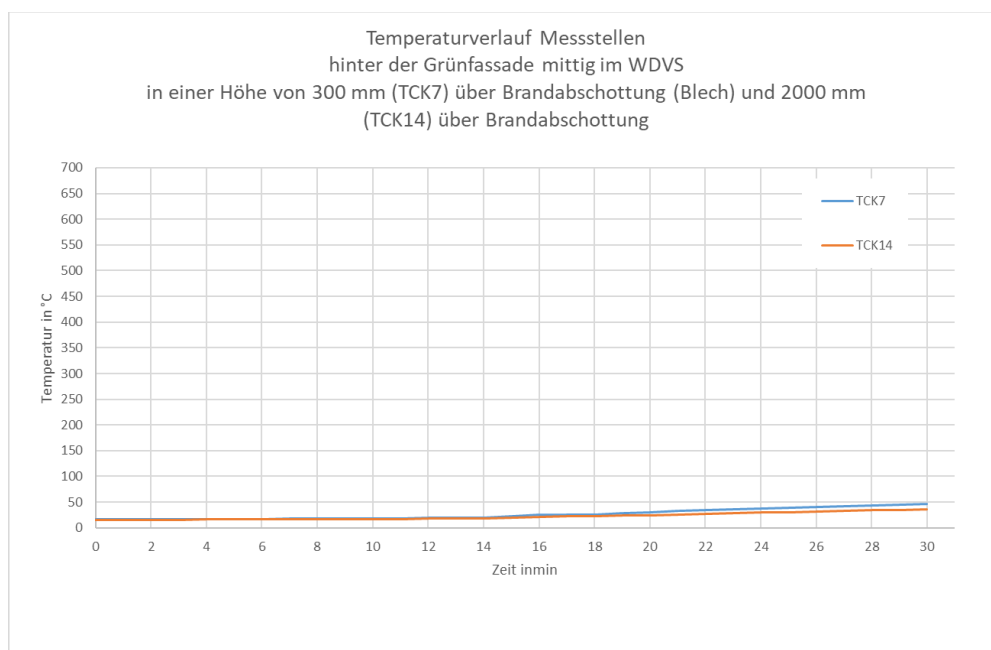


Abbildung 4-21: Temperaturverläufe der Thermoelemente 7 und 14, Versuch 2

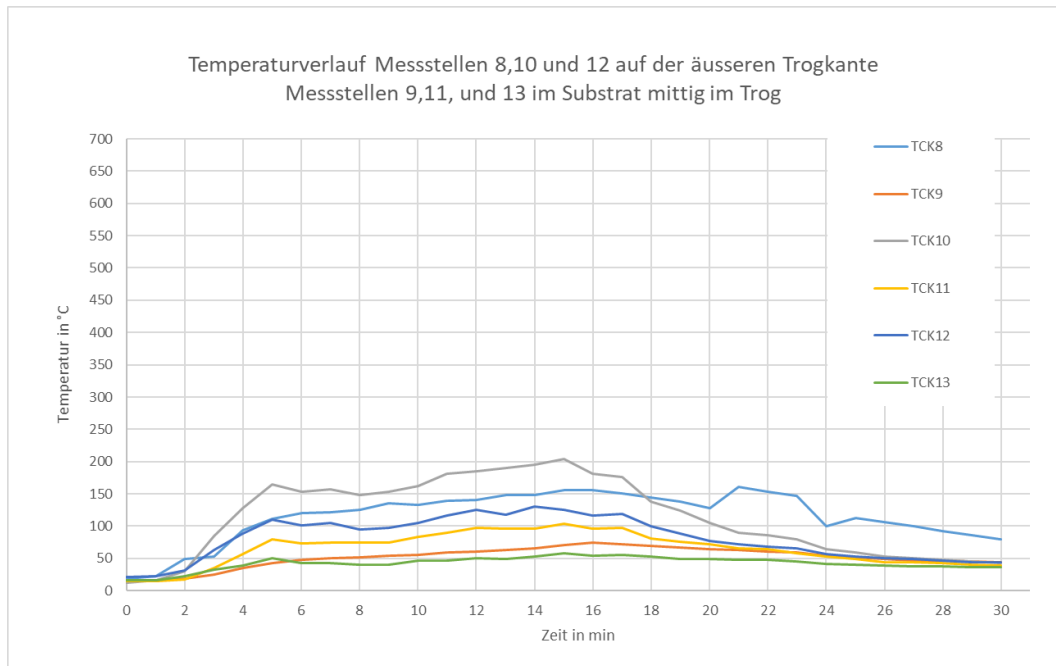


Abbildung 4-22: Temperaturverläufe der Thermoelemente 8 bis 13, Versuch 2

Aus den Temperatureaufzeichnungen ist ersichtlich, dass bei keiner Temperaturmessstelle oberhalb der Brandabschottung eine Temperatur nahe der Entzündungstemperatur von ca. 500°C gemessen werden konnte; die maximal gemessene Temperatur lag bei ca. 280°C bei einer der Messstellen vor der Fassade. Die Brandabschottung hat somit ihre Funktion des Ablenkens der Flamme erfüllt.

Im WDVS wurden Maximaltemperaturen von ca. 50°C gemessen, an der Außenkante der Tröge in mittlerer Höhe eine Maximaltemperatur von knapp 200°C, im Substrat des Troges in mittlerer Höhe eine solche von knapp über 100°C.

Oberhalb der Brandkammer waren sämtliche Pflanzen bis zu den oberen Aluminiumblechtrögen des Grünwandsystems verfärbt und vertrocknet. Rechts und links neben der Brandkammer waren die Blätter augenscheinlich geringfügig vertrocknet vorhanden. Am WDVS konnte außer einer Dunkelfärbung des Putzes am Brandkammersturz augenscheinlich keine Schädigung festgestellt werden, ein Aufbrechen des Systems oder gar ein Austreten von Polystyrolschmelze war nicht zu beobachten.

Es konnte unter den gewählten Prüfbedingungen keine optische Brandweiterleitung entlang der Grünfassade nach oben hin während des Brandversuches beobachtet werden. Es trat lediglich eine Verwölbung und Verfärbung des horizontal auskragenden Stahlblechs ein.

Eine horizontale Brandausbreitung war ebenfalls nicht erkennbar. Es sind keine großen Teile ($> 0,4 \text{ m}^2$ oder $> 5 \text{ kg}$) abgefallen.

Aufgrund der Beobachtung ist das Ergebnis als positiv hinsichtlich der Kriterien der ÖNORM B 3800-5 zu beurteilen.

Bilddokumentation



	
<p>Abbildung 4-23: Versuchsstart – Entzünden der Holzkrippe, nach 2 Minuten Zuschalten des Lüfters</p>	<p>Abbildung 4-24: Fassadenbegrünung während des Versuches nach ca. 4 Minuten – Ablenkung der Flammen durch Brandabschottung</p>



Abbildung 4-25: Fassadenbegrünung während des Versuches nach ca. 7 Minuten



Abbildung 4-26: Fassadenbegrünung während des Versuches nach ca. 12,5 Minuten



Abbildung 4-27: Versuchsaufbau zum Ende des Versuches



Abbildung 4-28: Dunkelfärbung des Oberputzes des WDVS im Sturzbereich, Putzschicht intakt

4.2.3 Versuch 3 (EPS-WDVS + Trogsystem (Efeu) mit 2 x je 30 cm auskragender Brandabschottung)

Da nach Versuch 2 sowohl das Trogsystem als auch das WDVS augenscheinlich keine Schädigung aufwies, wurde entschieden, die identen Systeme auch für Versuch 3 heranzuziehen. Bei diesem wurde nun Efeu vor die Aluminiumtröge montiert, sodass dieser ein Hineinwachsen von Pflanzen in den anforderungsgemäß freizuhaltenden Korridor von 10 cm zwischen Außenkante Trog und Außenkante Brandabschottung simulierte. Dazu darf eine Abbildung aus der Richtlinie der MA 37 – KSB in Erinnerung gerufen werden:

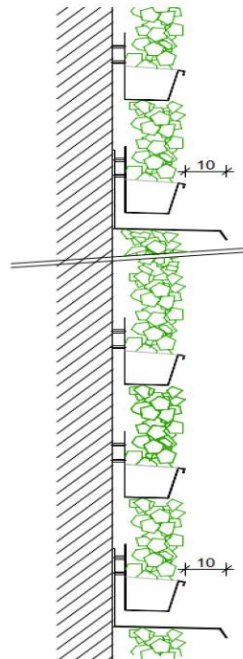


Abbildung 4-29: metallische Trogsysteme mit geschoßweiser Abschottung, aus [1]

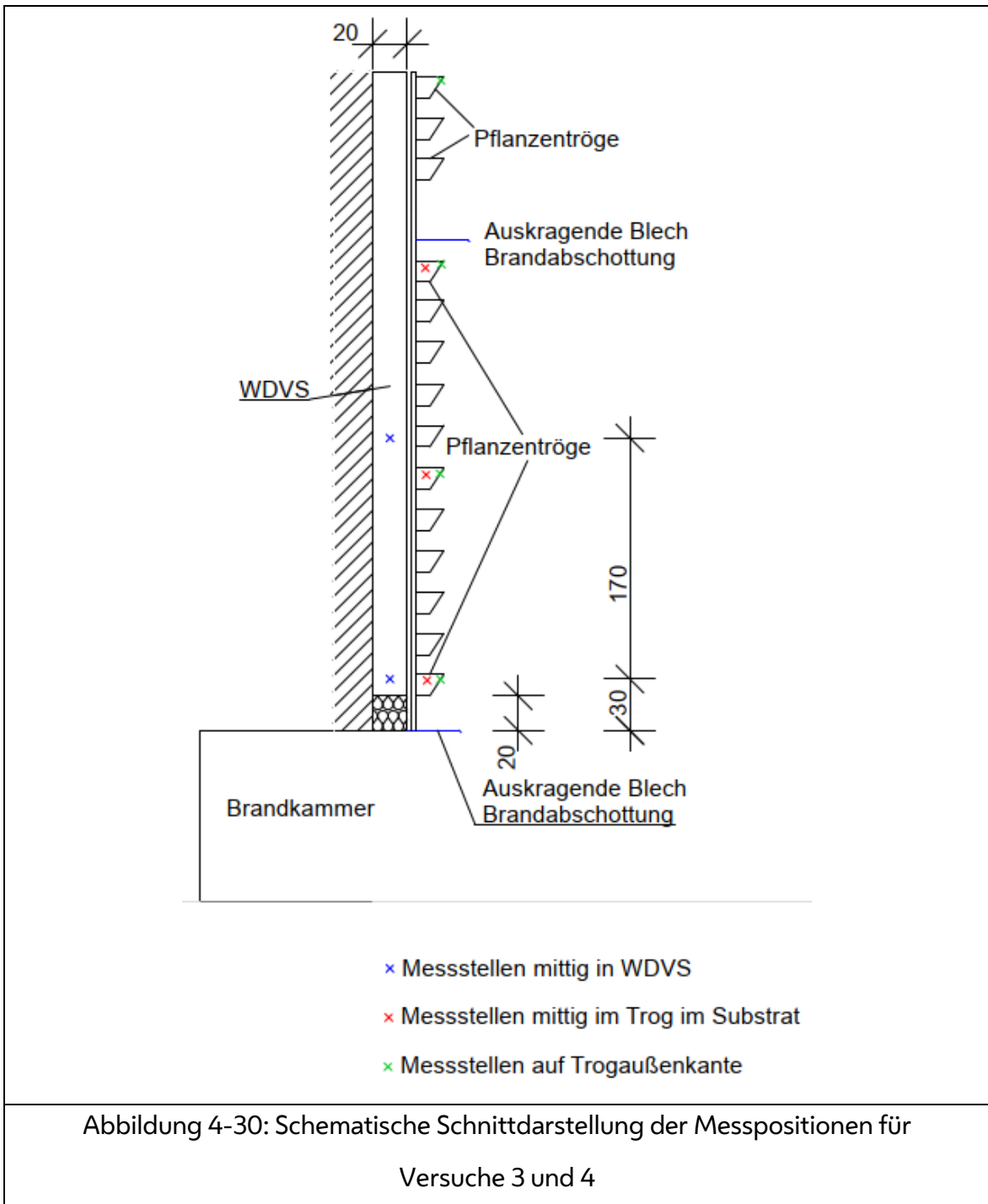
Für den Fall einer Entzündung des Efeus vor den Trögen wurde zudem eine zweite, ident ausgebildete Brandabschottung in einer Höhe von 3000 mm über Brandkammersturz in identer Weise am Prüfstand durch das WDVS hindurch montiert (Abschottung im darüber liegenden Geschoß). So sollte beobachtet werden, ob zumindest diese Brandabschottung bei einer Brandweiterleitung ihre Funktion erfüllt.

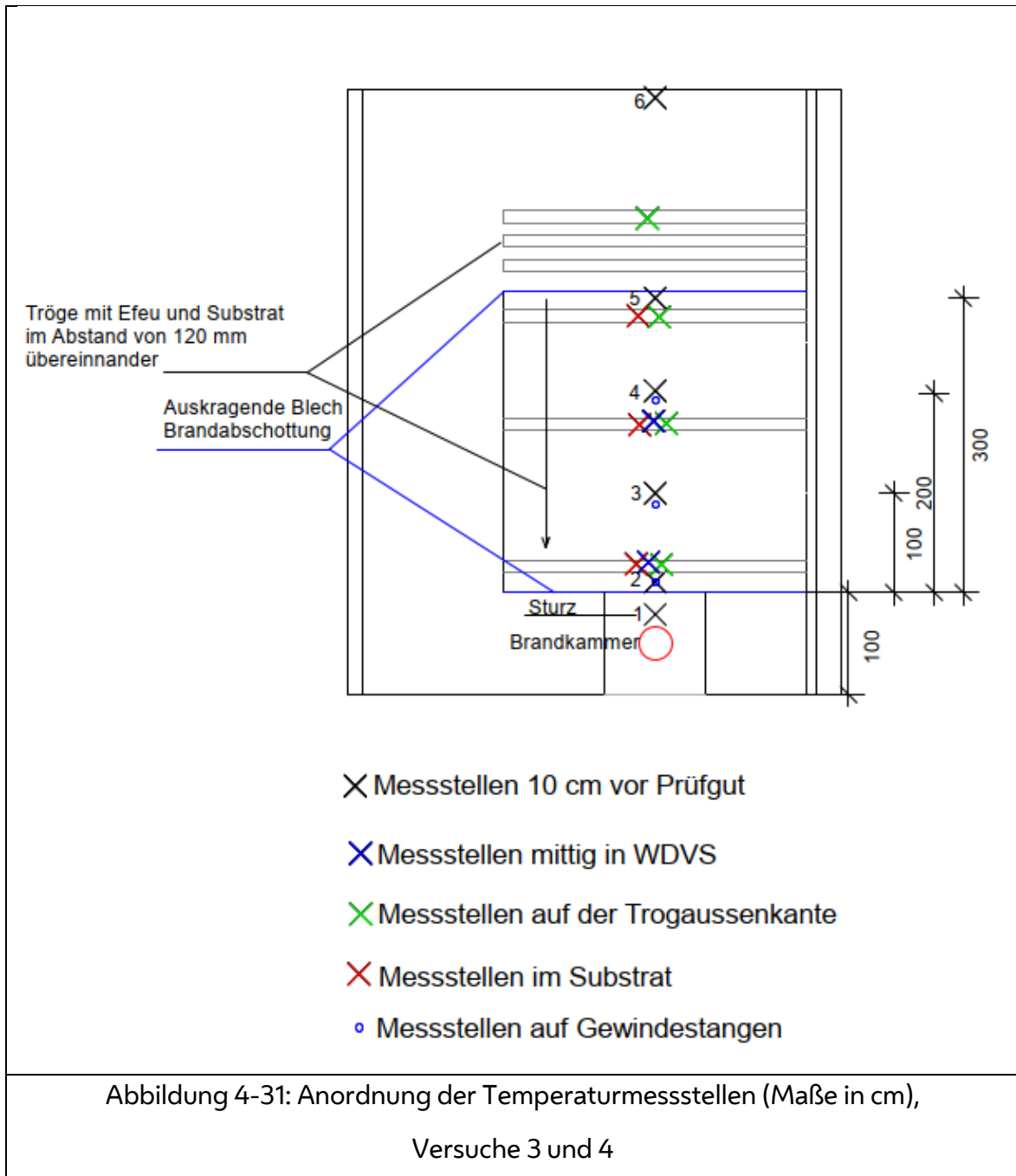
Versuchsaufbau

Am 13. September 2021 wurden in das idente Trogsystem wie am 3. September 2021 (Versuch 2), bestehend aus 14 Aluminiumblechtrögen mit 3 m Länge, frischer Efeu vor die Tröge, Reihe 1 bis ca. Reihe 10 nach oben hin eingesetzt. Unterschied zu Versuch 2 war wie erwähnt eine zweite Edelstahlbrandabschottung in 3 m Höhe. Oberhalb dieser Auskragung fanden sich weitere 3 mit Efeu bepflanzte Tröge.

Die Bepflanzung wurde wiederum unmittelbar vor der Prüfung durchgeführt, um die Begrünung in möglichst vitaler Form zu prüfen.

Insgesamt 18 Thermoelemente wurden bei diesem Versuch angebracht: zusätzlich zu den bereits bei Versuch 2 beschriebenen insgesamt 14 Stück wurden nunmehr zusätzlich einerseits am obersten Trog oberhalb der zweiten Brandabschottung ein Thermoelement mittig auf der äußeren Wannenwand und andererseits drei Thermoelemente, Nr. 16, 17 und 18 direkt auf den Gewindestangen im Luftspalt zwischen WDVS und Rückseite Trogsystem befestigt. Dies betraf die unterste Gewindestange unmittelbar über Sturz, eine in Höhe der dritten Trogreihe und eine in Höhe der sechsten Trogreihe, jeweils mittig oberhalb der Brandkammer (Details der Temperaturmessstellen siehe folgende Abbildung).





Versuchsdurchführung

Die Versuchsdurchführung entspricht exakt jener des vorigen Versuches 2, daher wird hier auf eine Wiederholung der Beschreibung der Brandlast sowie der Lüftungs- und Zündungsbedingungen verzichtet.

Die Prüfung erfolgte am 13. September 2021. Die Temperatur in der Brandversuchshalle betrug 25,4°C, die relative Luftfeuchtigkeit 36 % und der Luftdruck 1005,2 mbar.

Versuchsbeobachtungen

Versuchsbeginn:	Zündung des Isopropanols
2 Minuten:	Zuschalten des Ventilators
2 Minuten und 20 Sekunden:	Flammen strömen über die untere Brandabschottung
3 Minuten und 50 Sekunden:	Dunkelfärbung der Pflanzen (mittig oberhalb Brandkammer)
8 Minuten:	Efeu im Bereich der Flamme glost leicht
11 Minuten und 59 Sekunden:	verstärktes Glosen im beflamten Bereich
13 Minuten und 30 Sekunden:	Durchzünden von Efeu (ca. 8 Sekunden anhaltend), Brandweiterleitung bis an die obere Brandabschottung
13 Minuten und 36 Sekunden:	Herabfallen einzelner kleiner brennender Teile, die vor dem Aufkommen am Boden verlöschen
24 Minuten und 2 Sekunden:	Zusammenbrechen der Holzkrippe
30 Minuten:	Versuchsende – keine weiteren Veränderungen am Probekörper zu beobachten

Die maximale augenscheinliche Flammenhöhe lag knapp unterhalb der oberen Brandabschottung.

Versuchsergebnisse

Die Aufzeichnungen der Thermoelementmessungen zeigten folgende Temperaturverläufe:

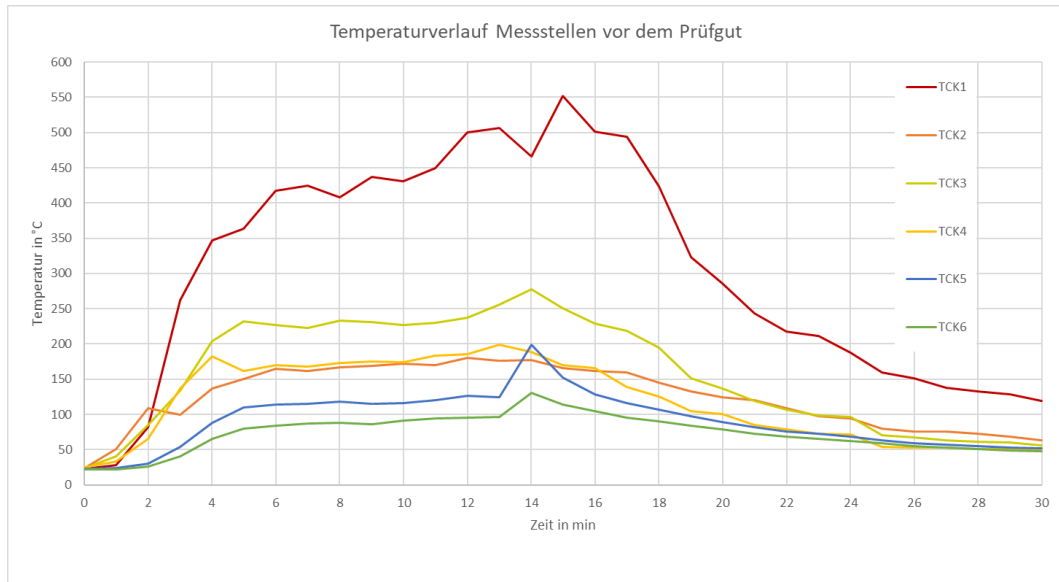


Abbildung 4-32: Temperaturverläufe Messstellen 1 bis 6, Versuch 3

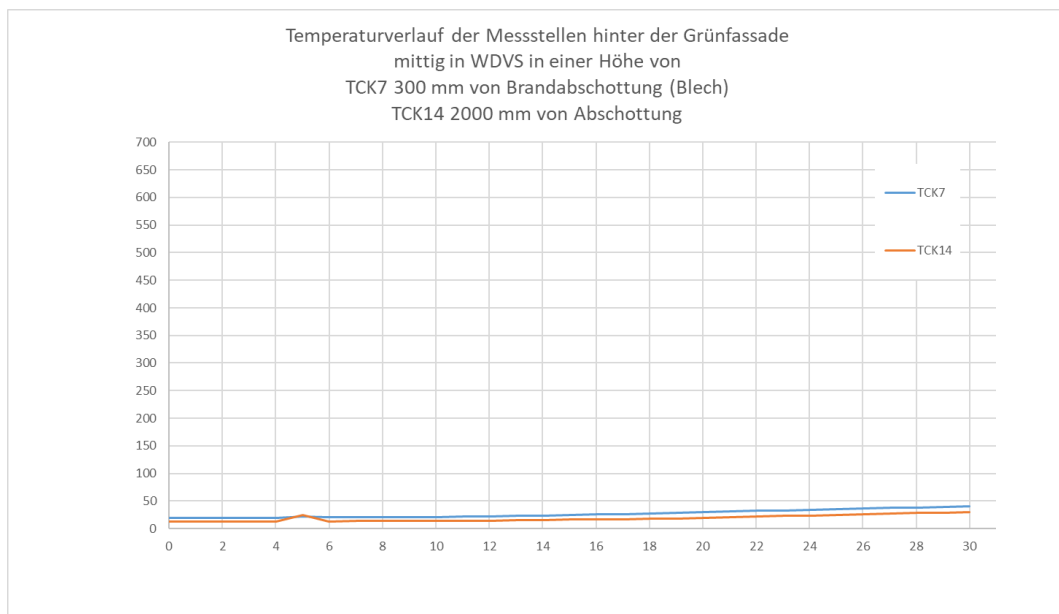


Abbildung 4-33: Temperaturverläufe Messstellen 7 und 14 hinter dem Prüfgut, mittig im WDVS, Versuch 3

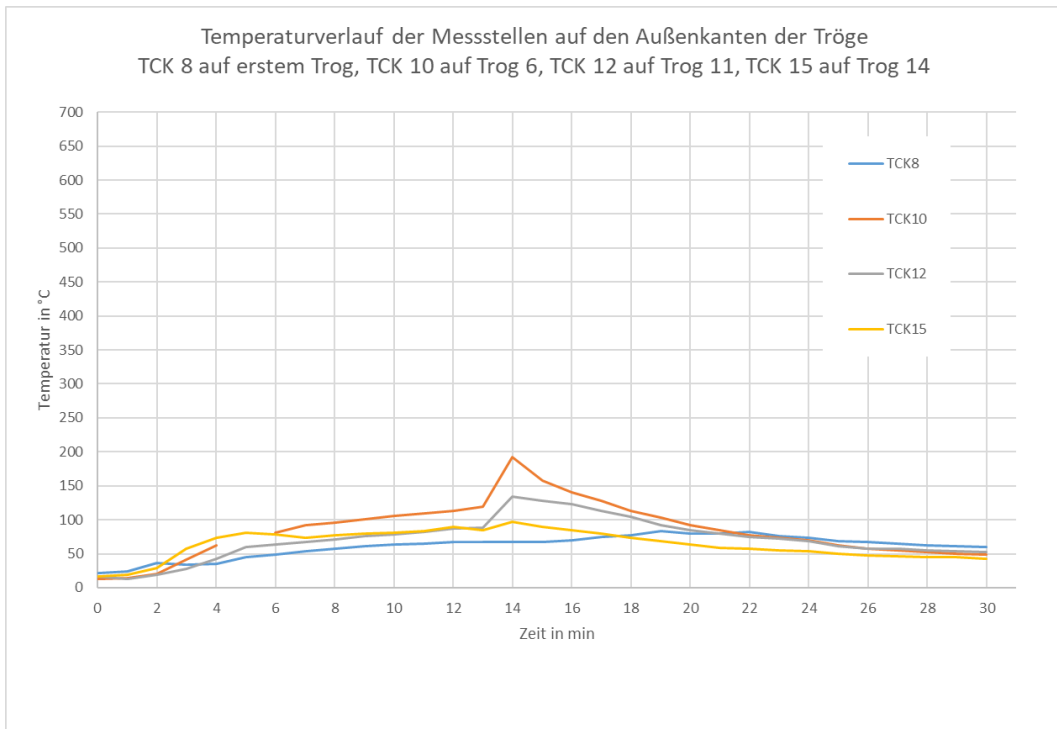


Abbildung 4-34: Temperaturverläufe Messstellen 8, 10, 12 und 15 an den Außenkanten der Tröge, Versuch 3

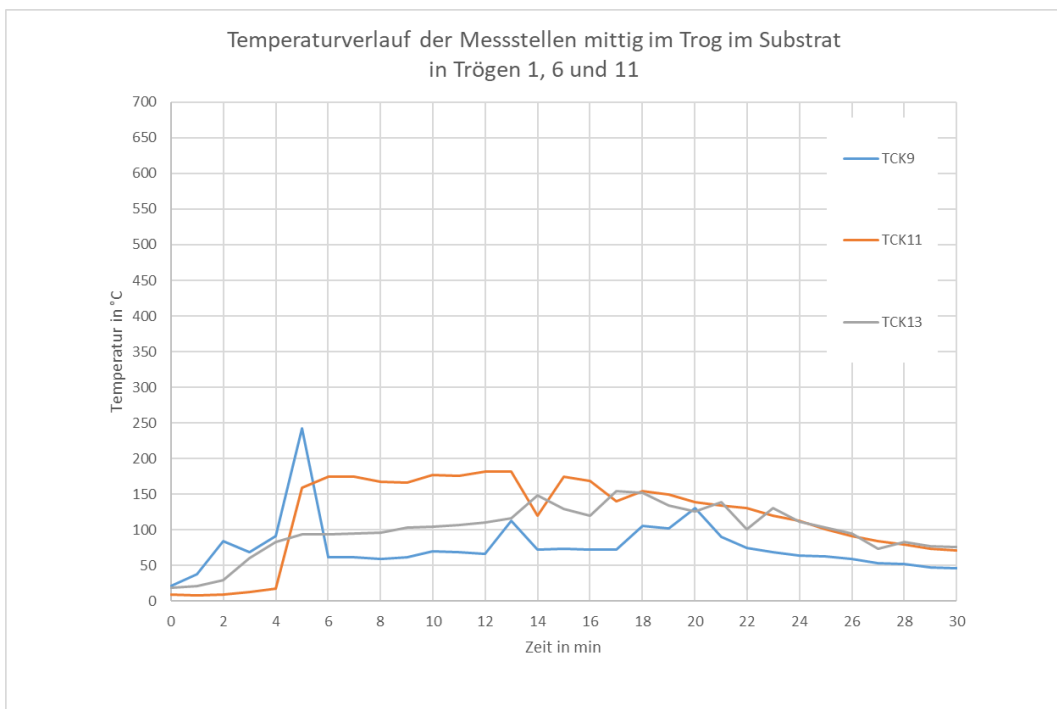


Abbildung 4-35: Temperaturverläufe Messstellen mittig in den Trögen 1, 6 und 11 im Substrat, Versuch 3

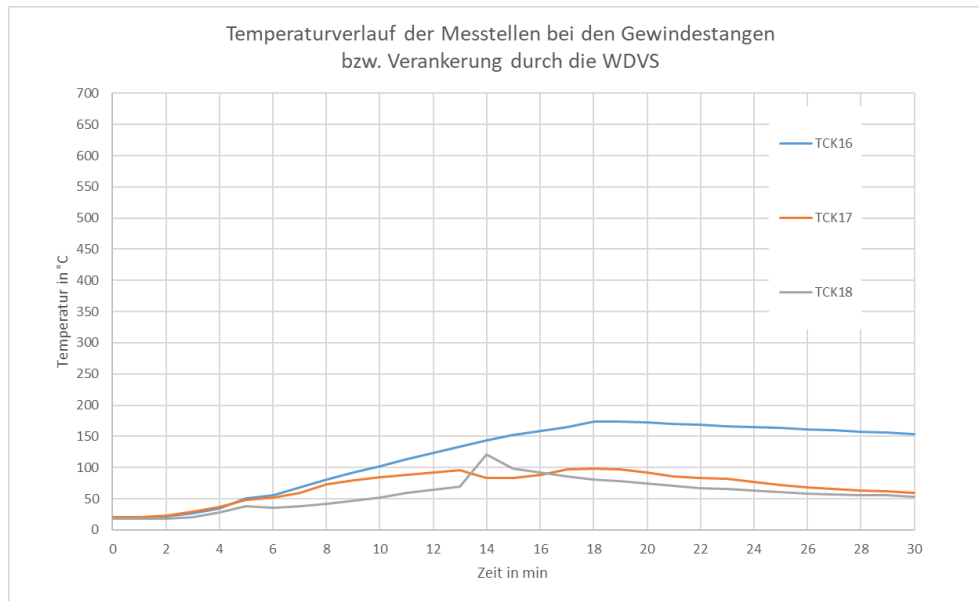


Abbildung 4-36: Temperaturverläufe Messstellen an den Gewindestangen, Versuch 3

Aus den Temperaturlaufzeichnungen ist ersichtlich, dass bei keiner Temperaturmessstelle oberhalb der Brandabschottung eine Temperatur nahe der Entzündungstemperatur von ca. 500°C gemessen werden konnte, die maximal gemessene Temperatur lag bei ca. 280°C und damit ähnlich wie bei Versuch 2.

Allerdings kam es aufgrund des im freizuhaltenen Brandschutzkorridor vor den Trögen befindlichen Efeus dennoch in der 13. Minute zu einer Durchzündung mit Brandweiterleitung bis zur oberen Brandabschottung, wobei die Flammen auch über diese Abschottung strömten. Es ist daher anzunehmen, dass, wenn Pflanzen oberhalb der zweiten Abschottung in den dort befindlichen Korridor hineinwachsen, diese durch die Flammen zur Entzündung gebracht worden wären.

Die Temperaturen im WDVS liegen unterhalb von 50°C, an den Gewindestangen wurden Maximaltemperaturen von 175°C aufgezeichnet (an jener unmittelbar oberhalb der Brandkammer). Am WDVS konnte außer einer Dunkelfärbung des Putzes am Brandkammersturz augenscheinlich keine Schädigung festgestellt werden, ein Aufbrechen des Systems oder gar ein Austreten von Polystyrolschmelze war nicht zu beobachten.

Oberhalb der Brandkammer waren sämtliche Pflanzen bis zu den oberen Aluminiumblechträgern des Grünwandsystems verfärbt, teilweise verkohlt. Rechts und links neben der Brandkammer waren die Blätter vertrocknet. Es konnte unter den gewählten Prüfbedingungen eine optische Brandweiterleitung entlang der Grünfassade nach oben hin während des Brandversuches beobachtet werden.

Eine horizontale Brandausbreitung war nicht erkennbar. Es sind keine großen Teile (> 0,4 m² oder > 5 kg) abgefallen.

Aufgrund der Beobachtung ist das Ergebnis als negativ hinsichtlich der Kriterien der ÖNORM B 3800-5 zu beurteilen.

Bilddokumentation



Abbildung 4-37: Grünwandssystem am Prüfstand der MA 39 vor der Fassadenbrandprüfung, Efeu in den freizuhaltenden Bereich oberhalb der Abschottung ragend

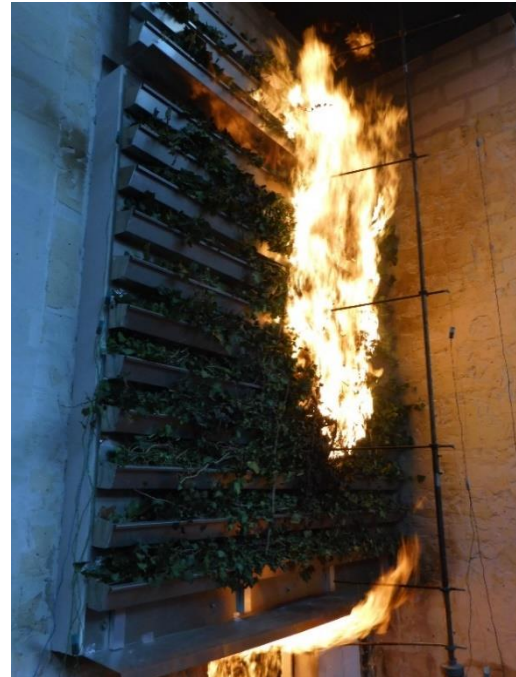


Abbildung 4-38: Flammenhöhe erreicht oberste Trogreihe, Durchzünden nach ca. 13,5 Minuten der Brandprüfung



Abbildung 4-39: Fassadenbegrünung nach ca. 16 Minuten der Brandprüfung



Abbildung 4-40: Fassadenbegrünung zum Ende der Prüfung

4.2.4 Versuch 4 (EPS-WDVS + Trogsystem (Efeu) mit 36 cm auskragender Brandabschottung)

Nachdem augenscheinlich wiederum sowohl am Trogsystem als auch am WDVS keine zusätzlichen Schädigungen auftraten, wurde entschieden, mit dem gegenständlichen Versuchsaufbau einen weiteren Versuch durchzuführen.

Dieser sollte den versuchstechnischen Gegenbeweis zu Versuch 3 antreten, indem neuerlich Efeu in den Trögen montiert wurde, der über die Tröge gelegt war, nun jedoch die Auskrägung der unteren Brandabschottung um 6 cm erhöht wurde, damit wurde wieder ein Brandschutzkorridor zwischen äußerstem Rand des Efeus und dem äußeren Rand der Brandabschottung von ca. 10 cm hergestellt. Den Anforderungen der Richtlinie der MA 37 – KSB entsprechend, sollte nun also wieder kein Mitbrand der Begrünung festzustellen sein.

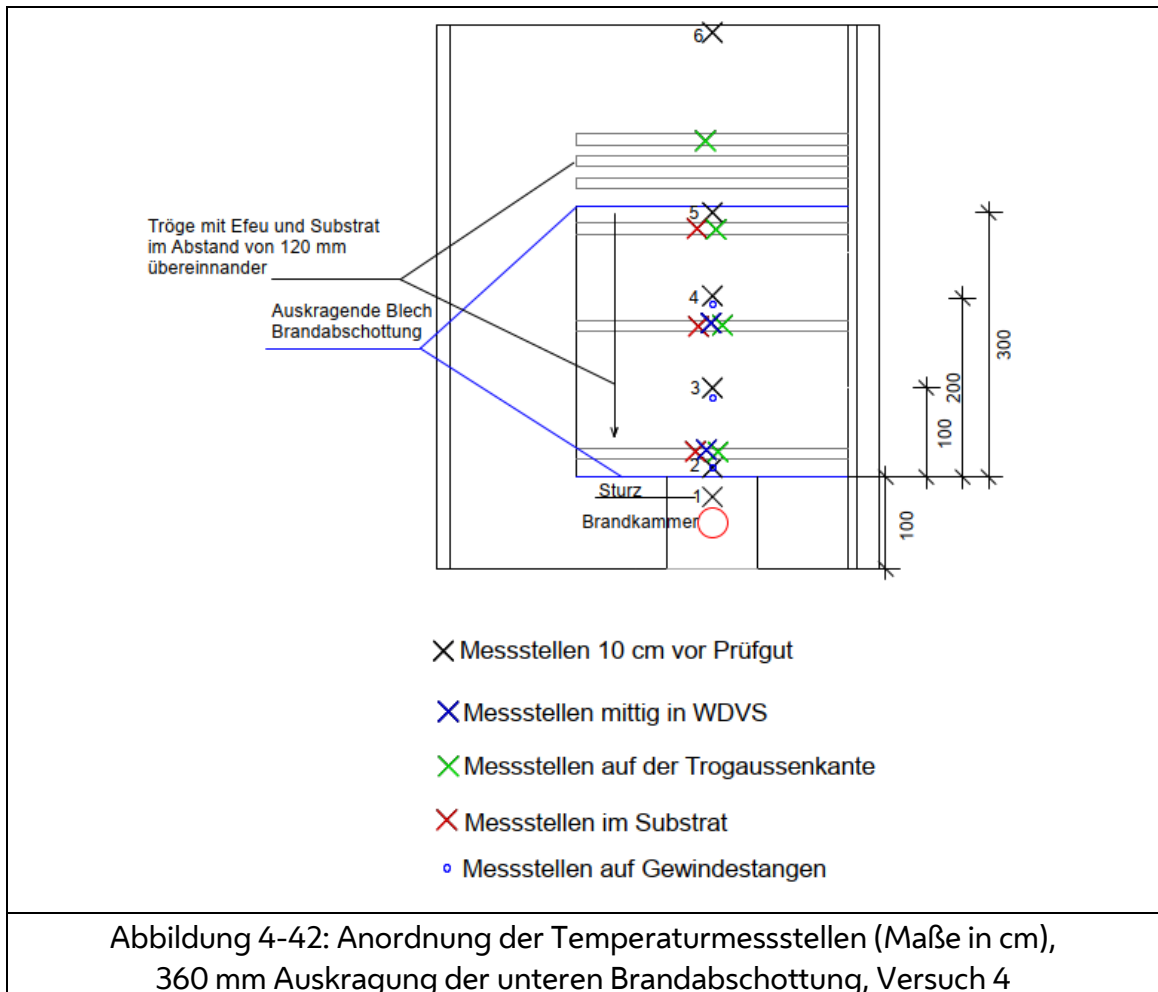
Versuchsaufbau

Am 16. September 2021 wurden in das idente Trogsystem wie am 13. September (Versuch 3), bestehend aus 14 Aluminiumblechtrögen mit 3 m Länge, frischer Efeu eingesetzt. Unterschied zu Versuch 3 war, dass die untere der beiden Brandabschottungen im Sturzbereich mit gesamt 360 mm Auskrägung eingebaut wurde, der Überstand über den Efeu beträgt ca. 10 cm, ist jedoch naturgemäß nicht an allen Stellen gleich.



Abbildung 4-41: 360 mm auskragende Brandabschottung

Die insgesamt 18 Temperaturmessstellen waren in exakt gleicher Anordnung wie bei Versuch 3 (siehe folgende Abbildung).



In dieser Form wurde die Prüfstandfläche von etwa 3 m Höhe x 3 m Breite am langen Flügel belegt.

Die Bepflanzung wurde wiederum unmittelbar vor der Prüfung durchgeführt, um die Begrünung in möglichst vitaler Form zu prüfen.

Versuchsdurchführung

Die Versuchsdurchführung entspricht exakt jener der beiden vorigen Versuche, daher wird hier auf eine Wiederholung der Beschreibung der Brandlast sowie der Lüftungs- und Zündungsbedingungen verzichtet.

Die Prüfung erfolgte am 16. September 2021. Die Temperatur in der Brandversuchshalle betrug 26,7°C, die relative Luftfeuchtigkeit 38,5 % und der Luftdruck 1000,5mbar.

Versuchsbeobachtungen

Versuchsbeginn:	Zündung des Isopropanols
2 Minuten:	Zuschalten des Ventilators
5 Minuten:	Dunkelfärbung des Efeus bis zur 6. Trogreihe
11 Minuten:	Spitzen des Efeus in der 2. Trogreihe beginnen zu glimmen
20 Minuten und 40 Sekunden:	Zusammenbruch der Holzkrippe
30 Minuten:	Versuchsende – keine weiteren Veränderungen am Probekörper zu beobachten

Die maximale augenscheinliche Flammenhöhe des Stützfeuers betrug 0,6 m oberhalb der unteren Brandabschottung.

Versuchsergebnisse

Die Aufzeichnungen der Thermoelementmessungen zeigten folgende Temperaturverläufe:

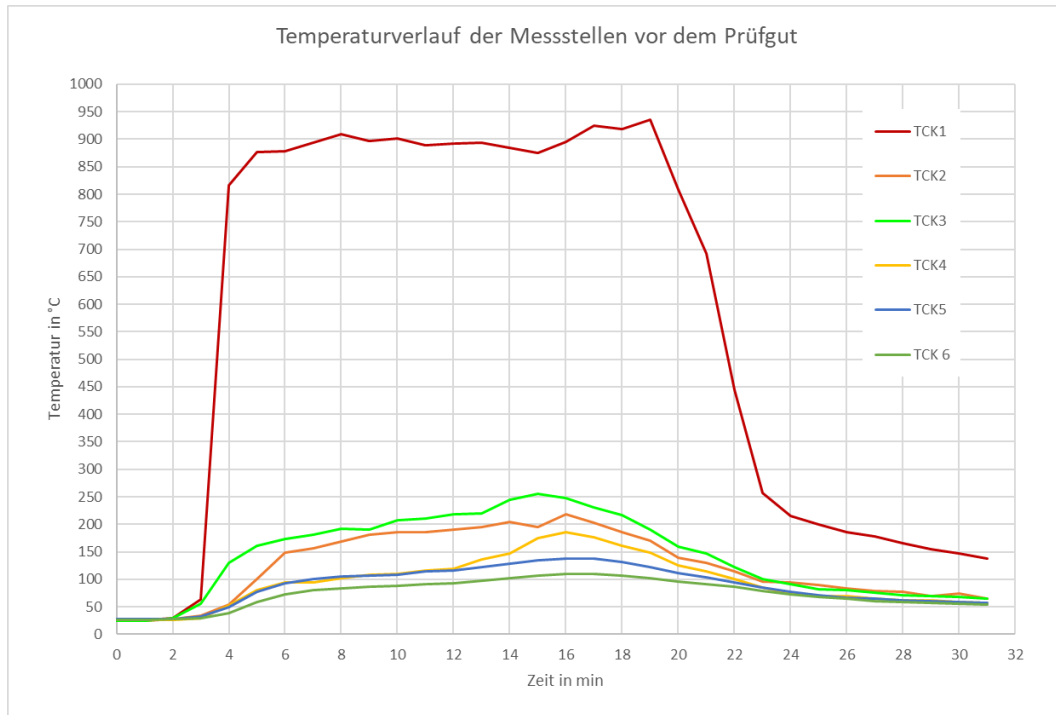


Abbildung 4-43: Temperaturverläufe Messstellen 1 bis 6 vor dem Prüfgut, Versuch 4

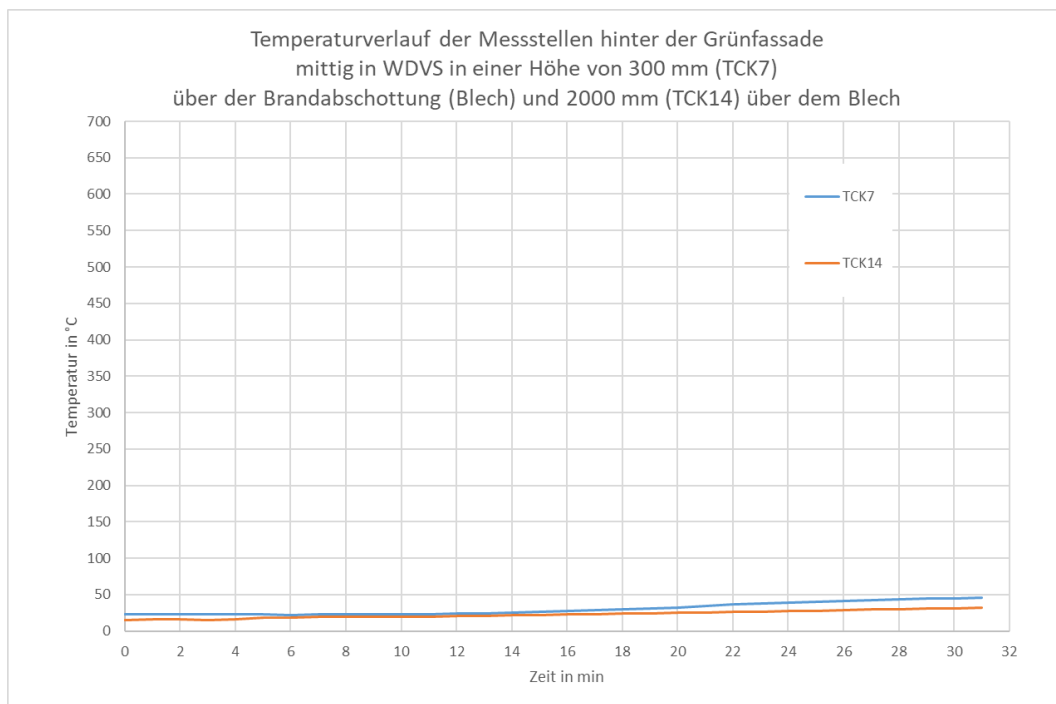


Abbildung 4-44: Temperaturverläufe Messstellen 7 und 14 mittig im WDVS, Versuch 4

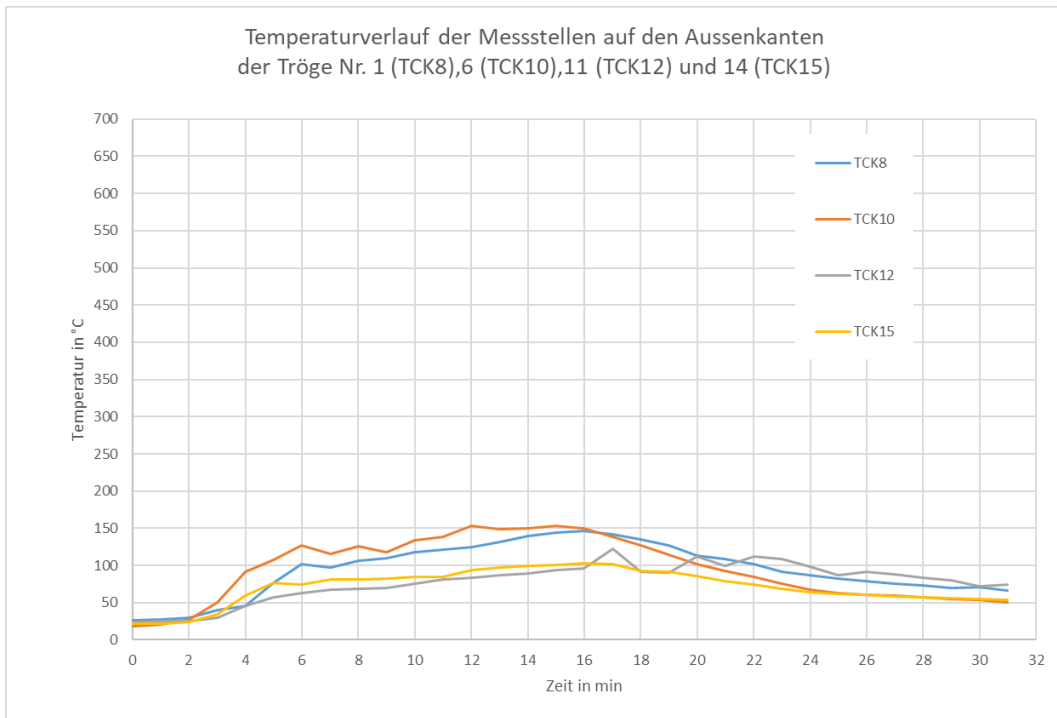


Abbildung 4-45: Temperaturverläufe Messstellen 8, 10, 12 und 15 auf den Außenseiten der Tröge, Versuch 4

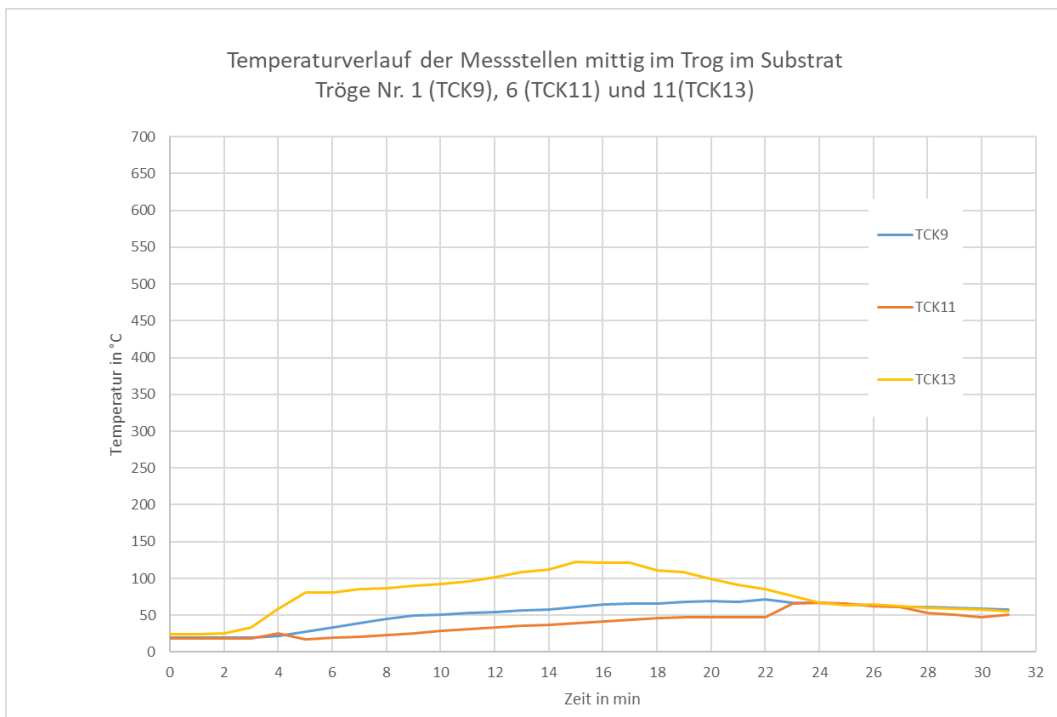


Abbildung 4-46: Temperaturverläufe Messstellen 9, 11 und 13 mittig im Trog, Versuch 4

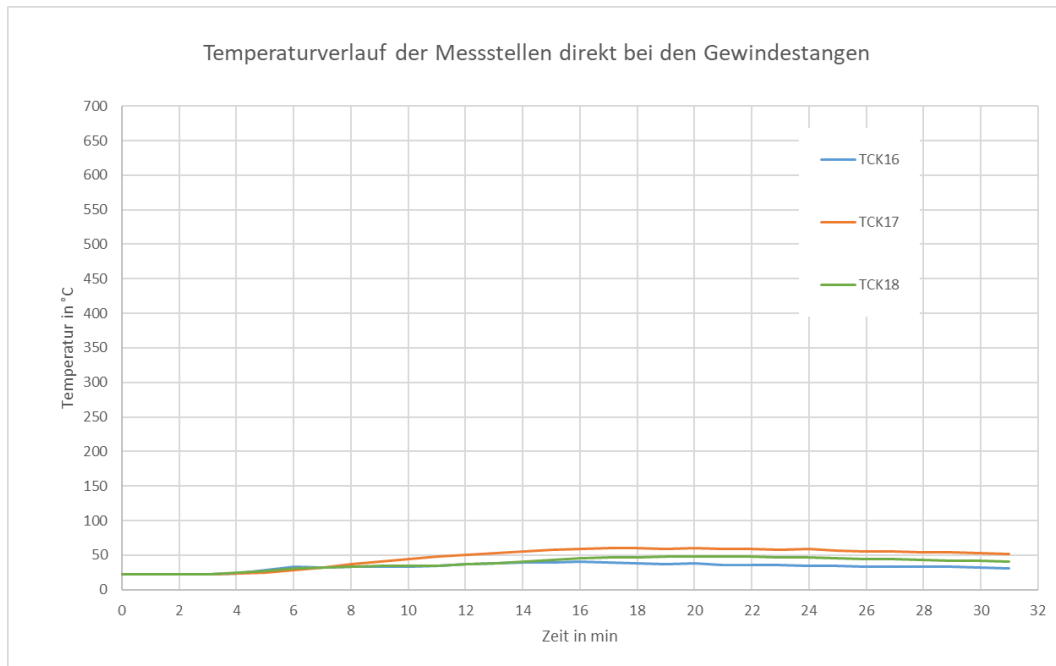


Abbildung 4-47: Temperaturverläufe Messstellen 16, 17 und 18 an den Gewindestangen, Versuch 4

Aus den Temperaturaufzeichnungen ist ersichtlich, dass die Maximaltemperaturen vor dem Prüfzut die Temperatur von 500 °C bei weitem nicht überschreiten. Im Vergleich mit Versuch 3 liegen praktisch alle Temperaturen ca. 50°C unter jenen, die bei Versuch 3 an den gleichen Stellen gemessen wurden. Am WDVS konnte außer einer Dunkelfärbung des Putzes am Brandkammersturz (die seit Versuch 2 besteht) augenscheinlich keine Schädigung festgestellt werden, ein Aufbrechen des Systems oder gar ein Austreten von Polystyrolschmelze war nicht zu beobachten.

Es war keine optische Brandweiterleitung entlang der Fassadenbegrünung während des gesamten Brandversuches, weder in der horizontalen noch in der vertikalen Richtung, zu beobachten. Es sind keine großen Teile (> 0,4 m² oder > 5 kg) abgefallen.

Aufgrund der Beobachtung ist das Ergebnis als positiv hinsichtlich der Kriterien der ÖNORM B 3800-5 zu beurteilen.

Bilddokumentation



Abbildung 4-48: Fassadenbegrünung unmittelbar vor Versuchsbeginn



Abbildung 4-49: Fassadenbegrünung während des Versuches (Versuchsdauer ca. 9,5 Minuten)



Abbildung 4-50: Fassadenbegrünung zum Ende der Prüfung, nach 21 Minuten



Abbildung 4-51: Fassadenbegrünung nach der Prüfung

4.2.5 Versuch 5 (EPS-WDVS + Rankhilfe 50 cm vor dem WDVS)

Dieser abschließende Forschungsversuch beschäftigt sich mit der Frage, welche Temperaturen an den „frei liegenden“ Gewindestangen einer vorgesetzten Rankhilfe, die ja ebenfalls über Gewindestangen durch das EPS-WDVS am Prüfstand montiert sein muss, in der gegenständlichen Versuchsanordnung entstehen. Waren die Gewindestangen bei den vorherigen Versuchen ja auch von der Brandabschottung geschützt, so können die Flammen nun die Montagemittel direkt erreichen. Es ist daher über die Stangen mit einem maximalen Temperatureintrag in das EPS-WDVS zu rechnen; die Auswirkungen dieses Temperatureintrags sollten beobachtet werden.

Dazu wurde der bestehende Versuchsaufbau mit WDVS und Trogsystem vom Prüfstand abgebaut und das EPS-WDVS wie in 4.2.2 beschrieben am 22. und am 23. September 2021 neu aufgebaut. Nach dem Strippen der Oberputz- und der Armierungsschicht vom WDVS, das bereits drei Brandversuchen ausgesetzt war, war ein praktisch vollflächiges Abschmelzen des EPS zu erkennen, der Mineralwolleriegel lag unverändert (leichte Dunkelfärbung) vor.

Da bei diesem Versuch in Anlehnung an frühere Untersuchungen wieder die doppelte Brandlast von zwei 25 kg Holzkrippen angesetzt wurde, wurde die Brandkammer auf 1,5 m x 1 m vergrößert.



Versuchsaufbau

Bei diesem Versuch wurde eine metallische Rankhilfe in Form eines Edelstahlnetzes (1,5 mm Drahtdicke, Maschenweite ca. 40 mm x 40 mm) verwendet. Das Netz wurde rundum von einem Edelstahlseil mit einer Dicke von 3,0 mm gehalten, welches seinerseits an einem Edelstahlrahmen befestigt war. Der Edelstahlrahmen wies Abmessungen von 3,0 m Höhe x 1,5 m Breite auf.

Zwei derartige Elemente wurden unmittelbar am Boden unmittelbar nebeneinander aufgestellt und mit jeweils 5 Edelstahlgewindestangen (Maximalzahl) an den Prüfstand durch das EPS-WDVS so verschraubt, dass der Abstand zwischen Prüfstandoberfläche des langen Flügels und dem Rahmenprofil 500 mm betrug. Die Gewindestangen wurden eingeklebt, die Durchführungsstelle im Oberputz wurde jedoch nicht eigens „abgeschottet“; der entstandene Ringspalt wurde bewusst nicht verschlossen, um einen nicht fachgerechten und brandschutztechnisch kritischeren Aufbau darzustellen.

Das Abstandsmaß wurde deshalb mit 500 mm gewählt, weil die Richtlinie der MA 37 – KSB als weitere nachweisfreie Konstruktion unter Punkt 2.3.3 e) subsummiert:

„vor Balkonen bzw. Terrassen vorgesezte Begrünungsformen in Zusammenhang mit nichtbrennbaren (z.B. metallischen) Rankhilfen mit einem Mindestabstand von 50 cm ab Balkon- bzw. Terrassenvorderkante. Auf die eventuell erforderliche Freihaltung für die Inanspruchnahme eines Rettungsweges (Anleiterbarkeit) ist Bedacht zu nehmen.“

	
<p>Abbildung 4-52: Ansicht der begrünten Gesamtfläche von 3,0 m x 3,0 m, bis zum Boden reichend</p>	<p>Abbildung 4-53: 50 cm Abstand zwischen WDVS und vorgesezter Konstruktion, Montage über Gewindestangen</p>

Um bei diesem Versuch gleichzeitig eine weitere Information über das Brandverhalten der Begrünung zu erlangen, wurde bei diesem Versuch die Begrünung an der Rankhilfe so montiert, dass sie in den Abstandsbereich zwischen WDVS und Rankhilfe hineinragte (vgl. Brandschutzkorridor bei den Versuchen zuvor). Richtliniengemäß ist dieser Luftraum „pflanzenfrei“ zu halten. Beim Versuch war der geringste Abstand zwischen WDVS-Oberfläche und Efeu mit ca. 35 cm gegeben.

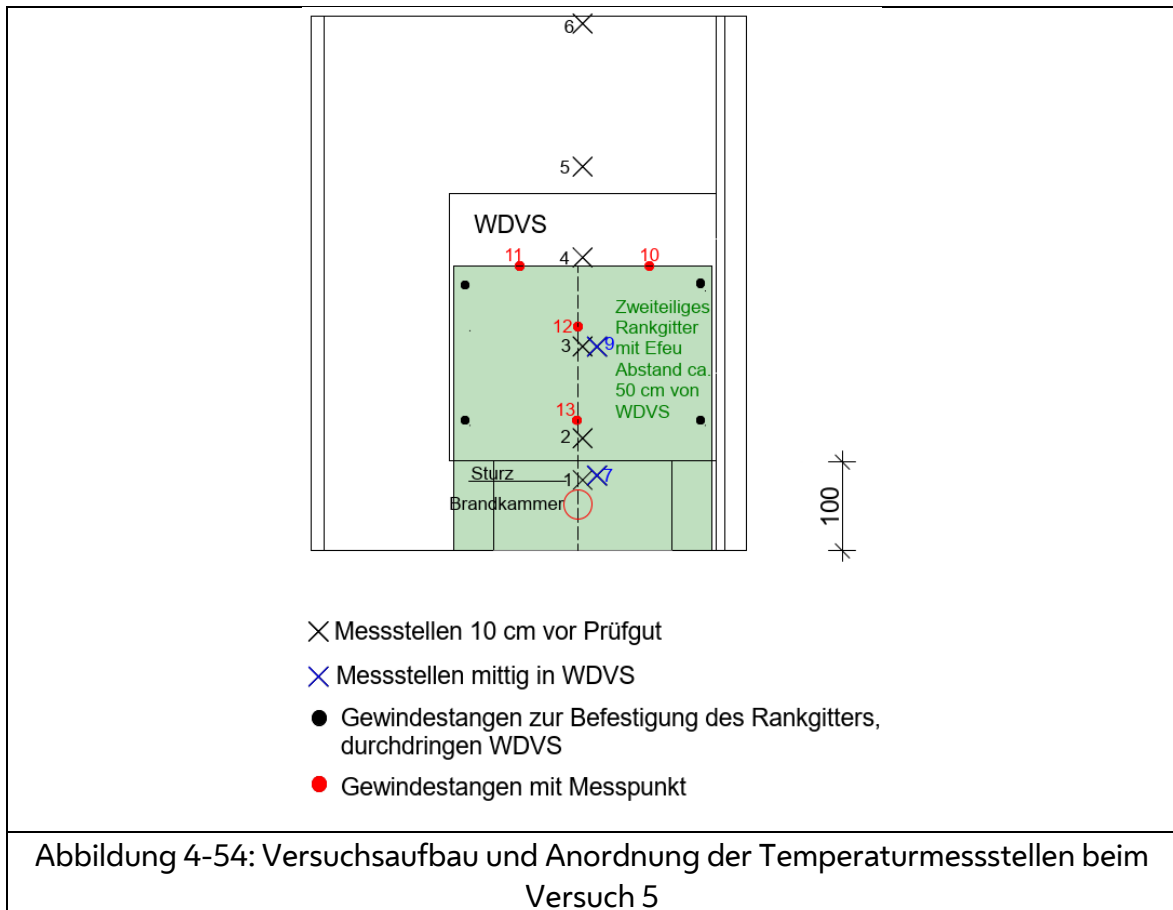
Die Bepflanzung mit Efeu wurde wiederum unmittelbar vor der Prüfung durchgeführt, um die Begrünung in möglichst vitaler Form zu prüfen. Die Anlieferung des Efeus erfolgte am 15. Oktober 2021.

Die Pflanzen wurden mittels metallischen Drähten an das Edelstahlgitter in einer praxisnahen Dichte gebunden. Die Gesamtfläche der Konstruktion mit Begrünung steht auf dem Fußboden vor der Brandkammer, überdeckt also auch den Bereich der Brandkammer

Zur Messung der Temperatur waren insgesamt 13 Thermoelemente montiert.

Thermoelemente 1 bis 6 befinden sich 100 mm vor dem Efeu, die Thermoelemente 7 bis 9 befinden sich wiederum mittig im Dämmstoff des WDVS und die Thermoelemente 10 bis 13 waren direkt auf den Gewindestangen der Rankhilfe montiert, etwa in einem Abstand von 20 mm von der WDVS-Oberfläche.

Alle Thermoelementpositionen sind der folgenden Abbildung zu entnehmen.



Versuchsdurchführung

Als Brandlast wurden zwei Holzkrippen verwendet, die jeweils aus gehobelten Fichtenholzstäben (jeweils 4 cm breit, 4 cm hoch und 50 cm lang) bestehen. Aus je 72 Stäben mit einem Gesamtgewicht von 25 kg +/- 1 kg wurden die Holzkrippen hergestellt, indem die Stäbe kreuzweise vernagelt werden. So entsteht je eine Holzkrippe mit einer Grundfläche von 0,5 m x 0,5 m und einer Höhe von 0,48 m (entspricht etwa 350 – 400 kW).

Die Holzkrippen werden auf je eine allseits offene Metallunterkonstruktion mit einer Grundfläche von je 0,5 m² in die Brandkammer gestellt (Höhe 0,25 m). Der seitliche Abstand der Holzkrippen zu den Wänden der Brandkammer beträgt 0,25 m. Die Vorderseite der Krippen schließt bündig mit der Vorderseite des Prüfstandes im unbedeckten Zustand ab.

Die Zündung der Holzkrippen wird mittels Isopropanol ausgelöst. Dazu werden unmittelbar vor Versuchsbeginn je zwei Blechwannen pro Krippe in die unterste Lage der Holzstäbe (jeweils in den zweiten äußeren Zwischenraum) eingeschoben und mit jeweils 200 ml Isopropanol befüllt. Die Entzündung des Isopropanols erfolgt mit einer offenen Flamme.

Zwei Minuten nach Zündung wird ein Lüfter, der sich hinter der Holzkrippe befindet, eingeschaltet und ein zusätzlicher Luftstrom (Volumenstrom 400 m³/h) durch eine runde Öffnung (Durchmesser 0,3 m) generiert.

Die Prüfung erfolgte am 18. Oktober 2021. Die Temperatur in der Brandversuchshalle betrug 18,4 °C, die relative Luftfeuchtigkeit 31,5 % und der Luftdruck 1001,5 mbar.

Versuchsbeobachtungen

Versuchsbeginn:	Zündung des Isopropanols
2 Minuten:	Zuschalten des Ventilators; Flammen strömen aus Brandkammer
4 Minuten:	Thermoelement 13 fällt ab
5 Minuten:	geringfügiger Mitbrand des Oberputzes im Sturzbereich
8 Minuten:	geringe Qualmbildung des Efeus zwischen WDVS und Rankhilfe
11 Minuten und 7 Sekunden:	Mitbrand des Efeus bis zur Oberkante der Rankhilfe vollflächig (ca. 12 Sekunden anhaltend), Ausgangspunkt der Entzündung im Luftraum zwischen WDVS und Rankhilfe
12 Minuten:	neuerliches Strohfeuer, Mitbrand
20 Minuten:	Zusammenbrechen der rechten Holzkrippe
22 Minuten:	Zusammenbrechen der linken Holzkrippe
30 Minuten:	Versuchsende

Die maximale augenscheinliche Flammenhöhe betrug bei Entzündung ca. 3,5 m.

Versuchsergebnisse

Die Aufzeichnungen der Thermoelementmessungen zeigten folgende Temperaturverläufe:

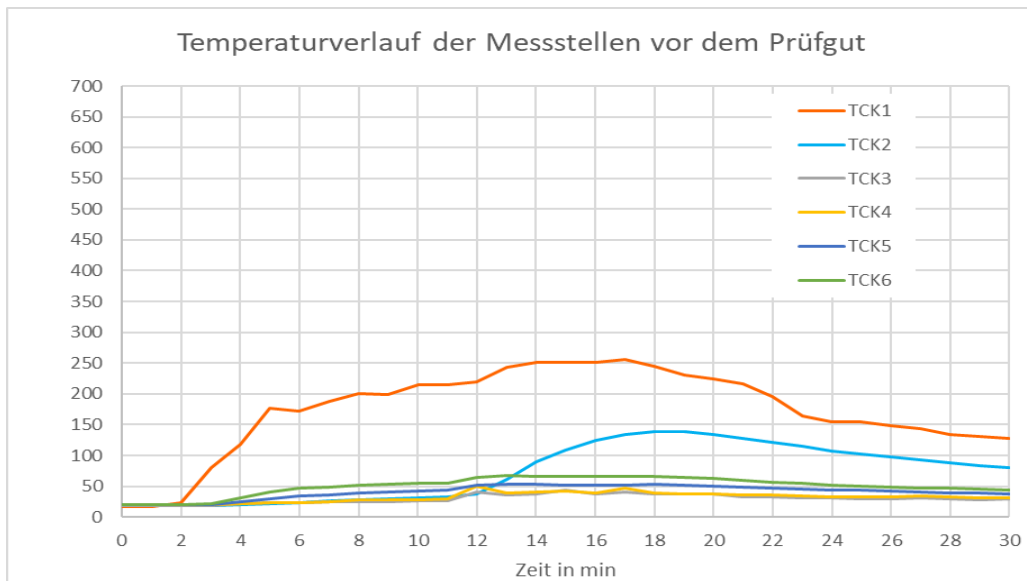


Abbildung 4-55: Temperaturverläufe Messstellen 1 bis 6 vor der Grünfassade, Versuch 5

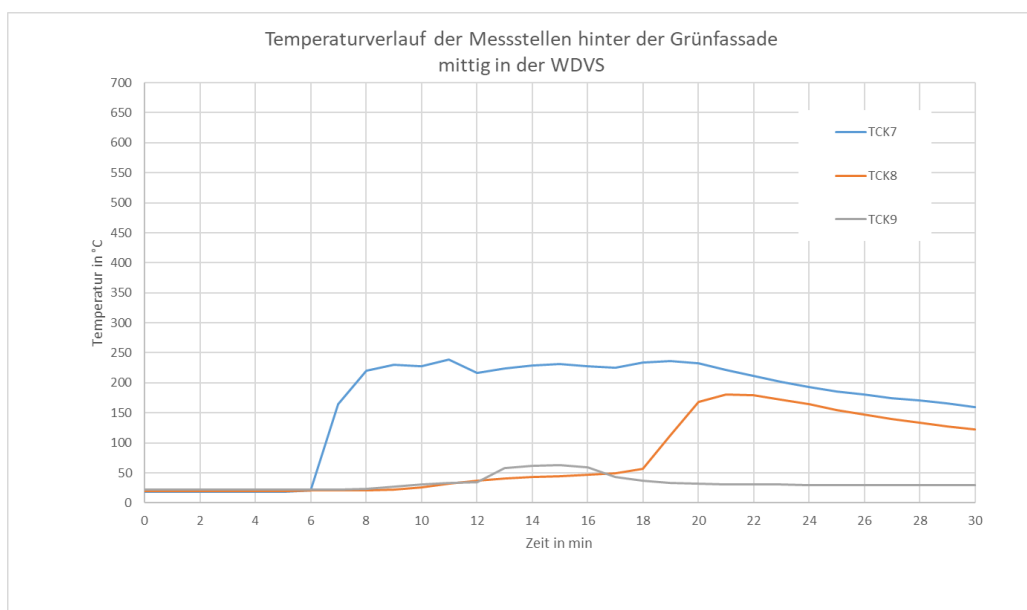


Abbildung 4-56: Temperaturverläufe Messstellen 7 bis 9 im EPS des WDVS, Versuch 5

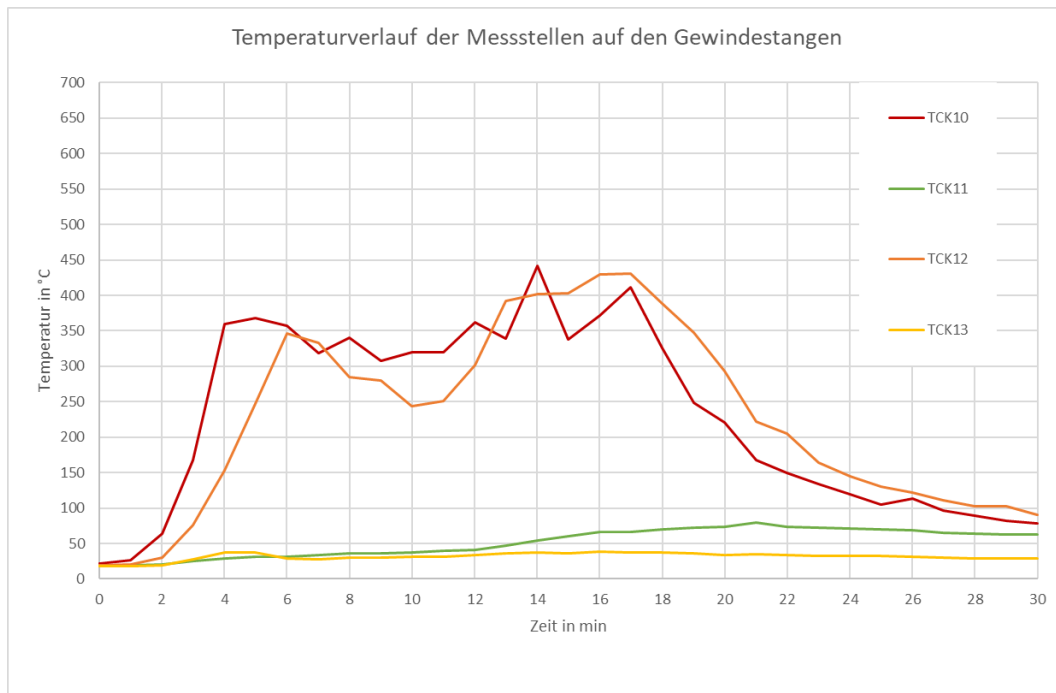




Abbildung 4-57: Temperaturverläufe Messstellen 10 bis 13 (auf Gewindestangen), Versuch 5

Die Temperaturen, die vor der Rankhilfe gemessen wurden, liegen zwar nur bei einer Maximaltemperatur von ca. 250°C, eine Entzündung der Pflanzen fand dennoch statt, da der Efeu in den Luftraum zwischen Fassadenoberfläche und Rankgitter hineinragte und sich dort Temperaturen bilden, die zu einer Entzündung der Pflanzen führen. Eine seitliche Ausbreitung des Mitbrandes war nicht zu erkennen, links der Brandkammer waren die Pflanzen praktisch unbeschädigt vorhanden. Es sind keine großen Teile (> 0,4 m² oder > 5 kg) abgefallen.

Das EPS-WDVS hielt dem Brandszenario stand, obwohl im Gegensatz zum Normversuch die doppelte Brandlast angesetzt wurde. Ein Aufbrechen des Systems war nicht erkennbar, ein Abtropfen von EPS-Schmelze ebenso wenig. Die Maximaltemperaturen im System lagen aufgrund der doppelten Brandlast mit knapp 250°C höher als bei den Versuchen zuvor. Nach Abbau der Versuchsanordnung wurde wiederum der Schaden am EPS-WDVS untersucht (siehe folgende Abbildungen).

	
<p>Abbildung 4-58: Schädigung am Dämmstoff nach Versuch 5</p>	<p>Abbildung 4-59: Detailaufnahme Bereich der Gewindestangen</p>

Das Polystyrol war über die gesamte Höhe über Brandkammer weggeschmolzen (je näher zur Brandkammer umso größere Schmelzvorgänge), die Schmelze wurde wie gewünscht vom Mineralwollebrandschutzriegel aufgefangen. Seitlich links der Brandkammer, außerhalb des Stützfeuerbereiches war das EPS praktisch unversehrt vorhanden. In den Bereichen rund um die eingeklebten Gewindestangen war nicht zu erkennen, dass der Temperatureintrag über sie zu vermehrten Schmelzvorgängen führten (siehe Abbildung 4-59, die linken beiden Stangen). Der Mineralwolleriegel war vollständig vorhanden, keine Schädigung außer geringe Dunkelfärbung.

Bilddokumentation

	
<p>Abbildung 4-60: Fassadenbegrünung beim Start des Versuches</p>	<p>Abbildung 4-61: Fassadenbegrünung während des Versuches (nach 3 Minuten)</p>
	
<p>Abbildung 4-62: Mitbrand der Fassadenbegrünung während des Versuches (nach ca. 12 Minuten)</p>	<p>Abbildung 4-63: Fassadenbegrünung zum Ende der Prüfung</p>

5 Ergebniszusammenfassung

Die Ergebnisse der durchgeführten großmaßstäblichen Brandversuche in Anlehnung an ÖNORM B 3800-5 lassen sich wie folgt zusammenfassen:

	Brandweiterleitung nach oben hin	Brandweiterleitung seitlich	Abfallen brennender Teile
Versuch 1	nein (abgesehen von der bewusst herbeigeführten)	nein	nein
Versuch 2	nein	nein	nein
Versuch 3	ja, aufgrund Pflanzen nahe der Brandabschottung	nein	nein
Versuch 4	nein	nein	nein
Versuch 5	ja, aufgrund Pflanzen zwischen Fassade und Rankhilfe	nein	nein

Tabelle 5-1: Übersichtstabelle der Versuchsergebnisse

Zusätzlich erscheint ein Vergleich der Maximaltemperaturen der Versuche mit dem EPS-WDVS als sinnvoll:

	mittig im EPS- Dämmstoff	Gewindestange	Trogwand	Trogsubstrat
Versuch 2	50	---	203	100
Versuch 3	46	168	200	247
Versuch 4	48	62	152	123
Versuch 5	244	446	---	---

Tabelle 5-2: Übersichtstabelle der bei den Versuchen ermittelten Maximaltemperaturen in [°C]

Diese Temperaturen bestätigen die visuellen Beobachtungen während der Versuche. Bei Versuch 3, bei dem es zu einer Brandweiterleitung über den Efeu kam, ist diese Brandweiterleitung für die erhöhten Temperaturen im Vergleich zu Versuch 2 verantwortlich. Nachdem dann bei Versuch 4 bei sonst identem Aufbau wie Versuch 3 die untere Brandabschottung vergrößert wurde und damit eine Brandweiterleitung wirksam eingeschränkt wurde, ist wieder ein Absenken aller Temperaturen erkennbar.

Die Temperaturen an den Gewindestangen sind bei den Versuchen mit Brandabschottung als unkritisch zu sehen ($< 200^{\circ}\text{C}$), die maximale Temperaturbelastung findet natürlich dann statt, wenn sie frei dem Stützfeuer ausgesetzt sind, so wie in Versuch 5. Dort wurden Temperaturen rund um die 450°C gemessen. Diese führen in diesem Versuch aufgrund ihres sehr beschränkten, punktuellen Temperatureintrages in den brennbaren Dämmstoff jedoch nicht dazu, dass es zu einem Versagen des WDVS kommt. Die erhöhte Temperatur im Dämmstoff bei Versuch 5 ist erfahrungsgemäß auf die bei diesem Versuch verwendete doppelte Brandlast zurückzuführen und - wenn überhaupt - nur in sehr geringem Ausmaß auf die Temperatureinleitung über die Gewindestangen.

Klar erkennbar war, dass die in der Richtlinie der MA 37 – KSB definierten pflanzenfrei zu haltenden Korridore bei den unterschiedlichen Begrünungssystemen, also etwa der Abstand von Außenkante Trog zu Außenkante Brandabschottung, einzuhalten sind. Sobald hier Pflanzenteile näher zur Brandabschottung hin ragen, ist ein Entzünden dieser Teile – jedenfalls bei den Versuchen – unvermeidbar. Eine unzulässige Brandweiterleitung könnte die Folge sein.

Es ist daher noch ausdrücklicher als je zuvor auf ein entsprechendes Monitoring und eine entsprechende Pflege der Begrünung zu fokussieren, sodass diese Bereiche permanent freigehalten werden.

Wie in praktisch allen Versuchen zuvor bereits festgestellt, war bei keinem der Versuche ein Herabfallen von großen oder brennenden Teilen zu beobachten, ebenso spielte auch eine seitliche Brandweiterleitung – selbst bei Prüfungen mit Brandweiterleitung nach oben hin– keine Rolle.

Versuch 1 ohne WDVS zeigte, dass die Brandabschottung mit gesamt 30 cm Auskragung und mindestens 10 cm Auskragung vor das äußerste Pflanzenteil derart wirkt, dass auch ein Mitbrand der Begrünung, der bis direkt unter die Abschottung reicht, durch die Abschottung erfolgreich gestoppt wird. Selbstverständlich gelten auch für diese Anordnung die zuvor getätigten Aussagen hinsichtlich eines dauerhaften Monitorings und einer fachgerechten Pflege.

6 Strategische Handlungsanleitung

Aus den bei den Versuchen gewonnenen Erkenntnissen ergeben sich für künftige Anwendungen von Grünfassaden folgende richtungsweisende Empfehlungen der MA39:

Ausgangspunkt der Überlegungen und Empfehlungen sind die derzeitigen Anforderungen an den Brandschutz von Fassadenbegrünungen, definiert in der vorgestellten Richtlinie der MA 37 – KSB.

- Die Applikation von Fassadenbegrünungen auf bestehende oder gemeinsam mit der Begrünung errichtete, hinter der Begrünung liegende WDVS mit brennbarem Dämmstoff führt zu keiner negativen Beeinflussung der brandschutztechnischen Leistung des WDVS – wenn beide Systeme konstruktiv entsprechend der brandschutztechnischen Anforderungen ausgebildet wurden (z.B. Brandabschottungen bzw. Mineralwollbrandriegel). Der (punktuelle) Temperatureintrag über etwaige handelsübliche metallische Unterkonstruktionen in das WDVS reicht nicht aus, um ein signifikant anderes Brandverhalten des brennbaren Dämmstoffes zu bewirken. Unabhängig davon ist selbstverständlich auf eine fachgerechte Montage beider Systeme, insbesondere im Bereich der Durchdringung der Oberfläche des WDVS durch die metallische Unterkonstruktion zu achten (Ringspaltverschluss). Inwieweit das Durchstoßen eines bestehenden zugelassenen WDVS Einfluss auf die bautechnische Zulassung des Systems hat (Veränderung der Systems), ist nicht Gegenstand dieser Studie und in separaten Gesprächen unter Einbeziehung von z.B. Herstellern, Zertifizierungsstellen, dem OIB zu klären.

- Die in der Richtlinie der MA 37 – KSB definierten Brandabschottungen halten einem (in diesem Projekt bewusst hervorgerufenen) Mitbrand der Fassadenbegrünung stand. Es ist bei dem in der ÖNORM B 3800-5 definierten Brandszenario (Schutzziel ist das zweite über dem Primärbrandherd liegende Geschoß) an der Fassade davon auszugehen, dass eine wirksame Einschränkung der Brandweiterleitung über die Fassadenbegrünung bei Installation von Brandabschottungen erfolgt.
- Eindeutig erkennbar ist, dass, sobald eine Begrünung in die in der Richtlinie als „pflanzenfrei“ definierten Korridore hineinwächst (Luftraum zwischen Fassade und vorgesetzter Rankhilfe, Luftraum zwischen Pflanzenoberfläche und Brandabschottung) eine Entzündung dieser Pflanzenteile jedenfalls erfolgt und dadurch wieder eine unzulässige Brandweiterleitung zustande kommen könnte.
- Umso mehr darf betont werden: Fassadenbegrünungen sind fachgerecht zu pflegen und in einem vitalen, funktionalen Zustand zu erhalten (Bauwerksbuch, eindeutige Regelung der Zuständigkeit für Pflege und Erhaltung der Begrünung). Erforderliche Pflegemaßnahmen sind bereits in der Planung zu berücksichtigen und gegebenenfalls im Bauwerksbuch festzuhalten. Als Anhaltspunkt für die fachgerechte Durchführung von Pflegemaßnahmen kann die mittlerweile erschienene ÖNORM L 1136 [2] herangezogen werden. Zusätzlich zu den dort definierten Maßnahmen ist insbesondere auf die Wuchstiefe der Pflanzen bzw. auf die in der brandschutztechnischen Richtlinie festgeschriebenen Randbedingungen zur Ausbreitung der Begrünung zu achten. Wächst die Begrünung in den definierten „Brandschutzkorridor“ von 10 cm (bei Brandabschottungen) oder gar über eine Brandabschottung, so kann das Schutzziel der wirksamen Einschränkung der Brandweiterleitung nicht mehr als erfüllt angenommen werden und daher ist im Brandfall mit einer Brandweiterleitung über mehrere Geschoße zu rechnen.

Diese Schlussfolgerungen aus den Versuchen wurden bereits mit den Expert*innen zum Thema, insbesondere mit jenen der MA 37 – KSB und der MA 68 diskutiert. Sie sollen im Frühjahr 2022 in eine Neuauflage der Richtlinie einfließen und damit weitere Begrünungsvarianten an Fassaden ermöglichen.

7 Verzeichnisse

7.1 Literaturverzeichnis

- [1] Eder Irmgard, Fassadenbegrünung brandschutztechnische Anforderungen, Baupolizei – Kompetenzstelle Brandschutz, Aktenzahl 739611 – 2021, Wien, Juni 2021
- [2] ÖNORM B 3800-5: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, Teil 5: Brandverhalten von Fassaden - Anforderungen, Prüfungen und Beurteilungen, Austrian Standards Institute, Wien, 2013
- [3] ÖNORM L 1136: Vertikalbegrünung im Außenraum, Anforderungen an Planung, Ausführung, Pflege und Kontrolle, Austrian Standards Institute, Wien, 2021
- [4] OIB-Richtlinie 2: Brandschutz, OIB-330.2-012/19, Österreichisches Institut für Bautechnik, Wien, 2019
- [5] Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Stadtentwicklung und Wohnen, Amt für Bauordnung und Hochbau, FAQ Bauordnungsrechtliche Anforderungen an Fassadenbegrünungen, Hamburg, August 2021
- [6] Kordina, K., Jeschar, R., Bechtold, R., Ehlert, K.-P., Wesche, J., Brandversuche Lehrte, Schriftenreihe „Bau- und Wohnforschung“ des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Bonn-Bad Godesberg, 1978
- [7] OIB-Richtlinie 2.3: Brandschutz bei Gebäuden mit einem Fluchtniveau von mehr als 22 m, OIB-330.2-015/19, Österreichisches Institut für Bautechnik, Wien, 2019
- [8] Brandwein, Thorwald, Statistisches über Brände mit Kletterpflanzen und Strategien zu ihrer Vermeidung, 2015, abgerufen unter [https://www.brandfeuer.de/images/e/ea/Statistisches %C3%BCber Br%C3%A4nde mit Kletterpflanzen - Thorwald Brandwein 10.03.2015.pdf](https://www.brandfeuer.de/images/e/ea/Statistisches_%C3%BCber_Br%C3%A4nde_mit_Kletterpflanzen_-_Thorwald_Brandwein_10.03.2015.pdf) [19. November 2020]

7.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1: geschößweise Ausführung von Brandabschottungen, aus [1]	13
Abbildung 3-2: Auskragung der Brandabschottung bei verschiedenen Begrünungssystemen, aus [1]	14
Abbildung 4-1: beispielhafte Ansicht des Fassadenprüfstandes, Maße in mm (aus [2])	19
Abbildung 4-2: Lage der Thermoelemente, Maße in mm (aus [2])	21
Abbildung 4-3: Anordnung der Temperaturmessstellen beim Versuch 1 (Maße in cm)	26
Abbildung 4-4: Temperaturverläufe an den Thermoelementen 100 mm vor der Begrünung (TCK 1-6) und auf 3500 mm hinter dem Prüfgut (TCK 7)	29
Abbildung 4-5: Grünfassade vor der Fassadenbrandprüfung	30
Abbildung 4-6: Mitbrand der Grünfassade nach ca. 2 Minuten bis 1 m Höhe	30
Abbildung 4-7: Flammen erreichen die Edelstahlabschottung	31
Abbildung 4-8: Flammen erreichen neuerlich die Abschottung	31
Abbildung 4-9: Brandversuch nach 8 Minuten, durch strohfeuerartigen Mitbrand neuerlich Flammen an der Abschottung	31
Abbildung 4-10: Nach 11 Minuten und 44 Sekunden, Durchzündung im oberen linken Bereich unterhalb der Abschottung	31
Abbildung 4-11: Verkleben und Ver-dübeln der EPS-Platten und des Brand-schutzriegels am Fassadenprüfstand	33
Abbildung 4-12: Dämmstoffdicke EPS 20 cm, Brandschutzriegel in 2 x 10 cm Dicke appliziert ..	33
Abbildung 4-13: verkleben und verdübeln der zweiten Lage Mineralwolle im Sturzbereich	33
Abbildung 4-14: armieren und spachteln des WDVS	33
Abbildung 4-15: Montage von Brandabschottung des Begrünungssystem durch EPS-WDVS hindurch	35
Abbildung 4-16: Befüllen der Pflanztröge, darunter Brandabschottung und Unterkonstruktionsschienen	35
Abbildung 4-17: Skizze der Montage des Aluminiumtrogsystems am Prüfstand, Brandabschottung im Sturzbereich mit 100 mm Auskragung vor Außenkante Trog	35
Abbildung 4-18: Detailaufnahme der erdbefüllten und bepflanzten Tröge	37
Abbildung 4-19: Gesamtaufnahme des Versuchsaufbaues unmittelbar vor der Prüfung	37
Abbildung 4-20: Temperaturverläufe der Thermoelemente 1-6, Versuch 2	39
Abbildung 4-21: Temperaturverläufe der Thermoelemente 7 und 14, Versuch 2	39

Abbildung 4-22: Temperaturverläufe der Thermoelemente 8 bis 13, Versuch 2	40
Abbildung 4-23: Versuchsstart – Entzünden der Holzkrippe, nach 2 Minuten Zuschalten des Lüfters	41
Abbildung 4-24: Fassadenbegrünung während des Versuches nach ca. 4 Minuten – Ablenkung der Flammen durch Brandabschottung	41
Abbildung 4-25: Fassadenbegrünung während des Versuches nach ca. 7 Minuten	42
Abbildung 4-26: Fassadenbegrünung während des Versuches nach ca. 12,5 Minuten	42
Abbildung 4-27: Versuchsaufbau zum Ende des Versuches	42
Abbildung 4-28: Dunkelfärbung des Oberputzes des WDVS im Sturzbereich, Putzschicht intakt	42
Abbildung 4-29: metallische Trogsysteme mit geschoßweiser Abschottung, aus [1]	43
Abbildung 4-30: Schematische Schnittdarstellung der Messpositionen für	45
Abbildung 4-31: Anordnung der Temperaturmessstellen (Maße in cm),	46
Abbildung 4-32: Temperaturverläufe Messstellen 1 bis 6, Versuch 3	48
Abbildung 4-33: Temperaturverläufe Messstellen 7 und 14 hinter dem Prüfgut, mittig im WDVS, Versuch 3	48
Abbildung 4-34: Temperaturverläufe Messstellen 8, 10, 12 und 15 an den Außenkanten der Tröge, Versuch 3	49
Abbildung 4-35: Temperaturverläufe Messstellen mittig in den Trögen 1, 6 und 11 im Substrat, Versuch 3	49
Abbildung 4-36: Temperaturverläufe Messstellen an den Gewindestangen, Versuch 3	50
Abbildung 4-37: Grünwandsystem am Prüfstand der MA 39 vor der Fassadenbrandprüfung, Efeu in den freizuhaltenden Bereich oberhalb der Abschottung ragend	52
Abbildung 4-38: Flammenhöhe erreicht oberste Trogreihe, Durchzündung nach ca. 13,5 Minuten der Brandprüfung	52
Abbildung 4-39: Fassadenbegrünung nach ca. 16 Minuten der Brandprüfung	52
Abbildung 4-40: Fassadenbegrünung zum Ende der Prüfung	52
Abbildung 4-41: 360 mm auskragende Brandabschottung	53
Abbildung 4-42: Anordnung der Temperaturmessstellen (Maße in cm),	54
Abbildung 4-43: Temperaturverläufe Messstellen 1 bis 6 vor dem Prüfgut, Versuch 4	56
Abbildung 4-44: Temperaturverläufe Messstellen 7 und 14 mittig im WDVS,	56
Abbildung 4-45: Temperaturverläufe Messstellen 8, 10, 12 und 15 auf den Außenseiten der Tröge, Versuch 4	57

Abbildung 4-46: Temperaturverläufe Messstellen 9, 11 und 13 mittig im Trog,.....	57
Abbildung 4-47: Temperaturverläufe Messstellen 16, 17 und 18 an den Gewindestangen, Versuch 4	58
Abbildung 4-48: Fassadenbegrünung unmittelbar vor Versuchsbeginn	59
Abbildung 4-49: Fassadenbegrünung während des Versuches (Versuchsdauer ca. 9,5 Minuten)	59
Abbildung 4-50: Fassadenbegrünung zum Ende der Prüfung, nach 21 Minuten	59
Abbildung 4-51: Fassadenbegrünung nach der Prüfung	59
Abbildung 4-52: Ansicht der begrüneten Gesamtfläche von 3,0 m x 3,0 m, bis zum Boden reichend	61
Abbildung 4-53: 50 cm Abstand zwischen WDVS und vorgesetzter Konstruktion, Montage über Gewindestangen	61
Abbildung 4-54: Versuchsaufbau und Anordnung der Temperaturmessstellen beim Versuch 5	63
Abbildung 4-55: Temperaturverläufe Messstellen 1 bis 6 vor der Grünfassade,	65
Abbildung 4-56: Temperaturverläufe Messstellen 7 bis 9 im EPS des WDVS,	65
Abbildung 4-57: Temperaturverläufe Messstellen 10 bis 13 (auf Gewindestangen), Versuch 5 ..	66
Abbildung 4-58: Schädigung am Dämmstoff nach Versuch 5	67
Abbildung 4-59: Detailaufnahme Bereich der Gewindestangen	67
Abbildung 4-60: Fassadenbegrünung beim Start des Versuches	68
Abbildung 4-61: Fassadenbegrünung während des Versuches (nach 3 Minuten)	68
Abbildung 4-62: Mitbrand der Fassaden-begrünung während des Versuches (nach ca. 12 Minuten)	68
Abbildung 4-63: Fassadenbegrünung zum Ende der Prüfung	68

7.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1: Brandschutztechnische Anforderungen an Fassadenbegrünungen, aus [1]	12
Tabelle 5-1: Übersichtstabelle der Versuchsergebnisse	69
Tabelle 5-2: Übersichtstabelle der bei den Versuchen ermittelten Maximaltemperaturen in [°C]	69