

Begrünte Fassaden aus brandschutztechnischer Sicht

In den letzten Jahren gewinnen begrünte Fassaden mit Blick auf eine nachhaltige Stadtentwicklung zunehmend an Bedeutung. Zum Brandverhalten von begrünten Fassaden und der daraus folgenden Brandweiterleitung über die Fassaden stehen nur eine geringe Anzahl an Erkenntnissen zur Verfügung. Dieser Artikel stellt den aktuellen Stand der Forschung zur brandschutztechnischen Bewertung von begrünten Fassaden dar. Darüber hinaus beschreibt er die Erkenntnisse aus vier durchgeführten orientierenden großmaßstäblichen Brandversuchen mit Fassadenbegrünungen. Bei den untersuchten Begrünungsformen handelt es sich um Kriechspindel, Blauregen, Wilden Wein, Kiwi, Stauden und Kräuter. Die Auswertung der bereits zur Verfügung stehenden und aktuell durchgeführten Versuche zeigen, dass bei der richtigen Wahl der Pflanzenart und Konstruktionsform brandschutztechnisch sichere Lösungen erzielt werden können. Im laufenden Betrieb stellt darüber hinaus die regelmäßige Pflege und Wartung eine wichtige Grundlage dar.

Keywords: Brandschutz; Begrünte Fassaden, Brandverhalten; Fassadenbegrünung; Kletterpflanzen

***Fire performance of green facades:** In recent years, green facades have become increasingly important in terms of sustainable urban development. Only a small amount of knowledge is available on the fire behaviour of green facades and the resulting fire spread on the facades. This article presents the current state of research on the fire safety evaluation of green facades. Furthermore, it describes the results of four orienting large-scale fire tests with green facades. The forms of greenery investigated are wintercreeper euonymus, wisteria, creeper, hardy kiwi, perennials and herbs. The evaluation of the already available and currently performed tests show that fire protection solutions can be achieved if the correct plant species and construction form are chosen. Furthermore, regular care and maintenance of facade greening is an important basis during building operation.*

Keywords Fire protection; green facades, fire behaviour; facade greening; living walls; climbing plants

1 Grundlagen

1.1 Begrünungsinitiative in Städten

In den letzten Jahren gewinnen begrünte Fassaden zunehmend an Bedeutung. Obwohl die Städte nur zwei Prozent der globalen Landfläche einnehmen, lebt über die Hälfte der Weltbevölkerung in Städten und urbanen Ballungsräumen. Drei Viertel der europäischen Bevölkerung wohnen in städtischen Gebieten und dieser Anteil wird nach Prognosen noch stark zunehmen [2]. Die dadurch einhergehend notwendige nachhaltige Stadtentwicklung setzt eine ausreichende Menge an Grün- und Erholungsflächen voraus. Der zunehmende Mangel an Wohnflächen steht jedoch oft der Neuschaffung von öffentlichen Grünflächen entgegen und stellt die zuständigen Behörden somit vor große Herausforderungen. Eine mögliche Lösung wäre das Begrünen der zahlreichen vorhandenen horizontalen und vertikalen Gebäudeflächen.

1.2 Arten von Fassadenbegrünungssystemen

Zum Begriff Fassadenbegrünungssystem zählen neben der Pflanze selbst weitere Bestandteile, wie z. B. Gerüstkletterhilfen, Verankerungen, Unterkonstruktionen, Bewässerungsanlagen und herstellereigene Systeme, die gezielt an die Außenwand angebracht werden, um das Wachstum, die Dauerhaftigkeit und die ästhetischen Aspekte einer Wandbegrünung zu gewährleisten. Die Begrünungsvielfalt basiert auf traditionellen bodengebundenen Fassadenbegrünungen mit Kletterpflanzen, wandgebundenen Systemen sowie einer Mischform. Bodengebundene Begrünungen (mit Bodenanschluss) werden aufgrund des pflanzenspezifischen Kletterverhaltens in Selbstklimmer oder Gerüstkletterpflanzen unterteilt, vgl. Bild 1. Wandgebundene Begrünungen (ohne Bodenanschluss) zeichnen sich durch eingebaute Bewässerungssysteme, beliebige Begrünungsgrößen, sowie Austauschbarkeit der Pflanzen aus. Diese ermöglichen durch autarke Modul- oder Regalsysteme, vgl. Bild 1, eine flächige Fassadenbegrünung bereits ab dem Zeitpunkt der Gebäudefertigstellung. Im Falle einer Mischform werden beispielsweise die unteren Geschosse mit bodengebundenen Gerüstkletterpflanzen und die oberen Geschosse mit Trogpflanzen ausgestattet. Aufgrund der Vielfalt ist für fast jeden Fassadentyp eine passende Fassadenbegrünung herstellbar [3].

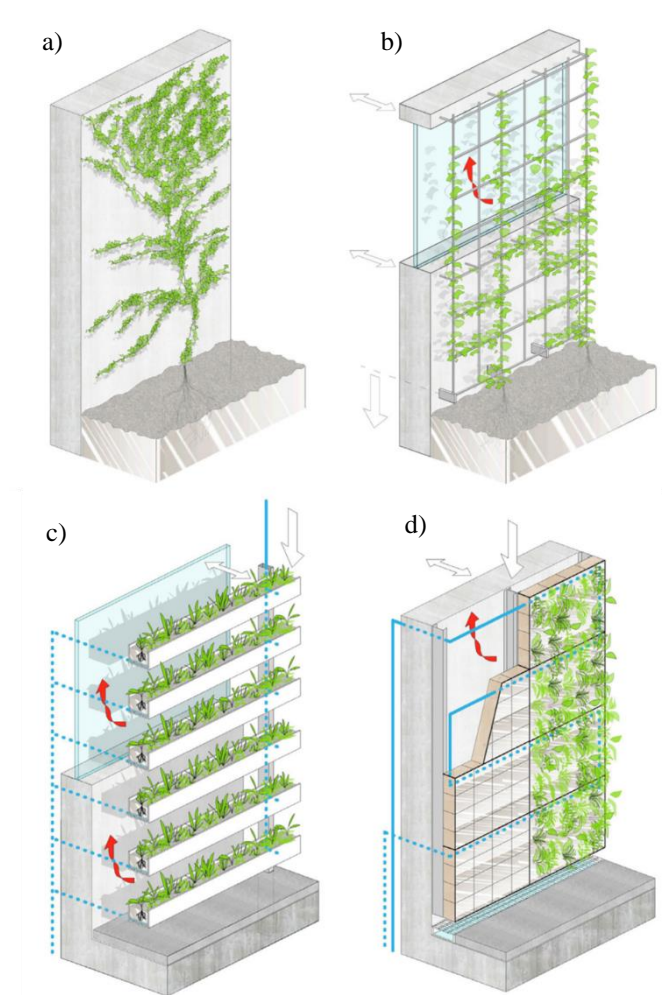


Bild 1: Ausbildungsformen der Fassadenbegrünung a) mit Selbstklimmer b) mit Gerüstkletterpflanzen c) wandgebundenes lineares System d) wandgebundenes modulares System. Types of facade greening a) climbing plant without frame b) climbing plants with frame c) in-line living wall d) modular living wall. Quelle: Nicole Pfoser 05/2013 [3]

1.3 Pflanzenarten

Es existieren rund 150 geeignete Kletterpflanzen für Fassadenbegrünung [4], wobei in Deutschland vor allem Efeu, Wilder Wein und Blauregen weit verbreitet sind. Der Efeu zeichnet sich durch seine lichtfliehende Wachstumsform (negativ phototrop) sowie den natürlichen Verzicht auf saisonalen Laubabfall (immergrün) aus. Ein weiteres Beispiel für eine immergrüne Pflanzenart stellt die Kriechspindel dar. Anders als der Efeu weist dieser jedoch keine negativ phototrope Wachstumsrichtung auf.

Der Selbstklimmer, Wilder Wein, gilt aufgrund geringer Standortansprüche, hoher Vitalität, einfacher Handhabung, sowie der Kosteneinsparung durch Verzicht auf Kletterhilfen als besonders beliebt. Beim Blauregen handelt es sich um eine Schlingpflanze, die sich durch geringe Triebdichte, wenig Pflanzentotmasse und blau-violette Blüten auszeichnet.

Darüber hinaus finden die Pflanzenarten Traubenkiwi und kleinwüchsige, für wandgebundene Systeme geeignete Sorten vom Geißblatt, Kriechspindel, japanischer Stechpalme und Herzblattlilie immer mehr Anwendung in der Fassadenbegrünung.

1.4 Bauordnungsrechtliche Einstufung der Fassadenbegrünungssysteme

Exemplarisch wird innerhalb dieses Textes auf die Bayerische Bauordnung (BayBO) und deren Kommentierung verwiesen. Die weiteren 15 landesspezifischen Bauordnungen enthalten sinngemäße Ausführungen. Die BayBO als Gesetz, hat gemäß Anwendungsbereich nach Art. 1 eine Gültigkeit für „*baulichen Anlagen und Bauprodukte. Es gilt auch für Grundstücke sowie für andere Anlagen und Einrichtungen, an die nach diesem Gesetz oder in Vorschriften auf Grund dieses Gesetzes Anforderungen gestellt werden.*“ [5]

Bauliche Anlagen sind nach Art. 2 Abs. 1 Satz 1 BayBO mit dem Erdboden verbundene, aus Bauprodukten hergestellte Anlagen [5].

Bei Bauprodukten handelt es sich um Erzeugnisse, die hergestellt werden, also um künstliche Ergebnisse menschlicher Tätigkeit. Weiter besteht der Herstellungs- und Verwendungszweck der Bauprodukte im Einbau in bauliche Anlagen oder in der Verwendung als bauliche Anlage [6]. Bauprodukte sind somit nach Art. 2 Abs. 11 BayBO Produkte, Baustoffe, Bauteile, Anlagen und Bausätze, die hergestellt werden, um dauerhaft in bauliche Anlagen eingebaut zu werden, bzw. aus ihnen vorgefertigte Anlagen, die hergestellt werden, um mit dem Erdboden verbunden zu werden [5].

Der Anwendungsbereich der BayBO schließt weiterhin das Grundstück selbst, als auch andere Anlagen und Einrichtungen ein, an die nach der Bauordnung oder in Vorschriften auf Grund der Bauordnung Anforderungen gestellt werden. Andere Anlagen und Einrichtungen sind solche, die nicht unter den Begriff der baulichen Anlagen und Bauprodukte fallen. Andere Anlagen in diesem Sinn sind z. B. Bäume (Art. 7 Abs. 1 Satz 1 Nr. 2, Art. 81 Abs. 1 Nr. 7) oder Hecken als Einfriedungen (Art. 57 Abs. 1 Nr. 7) [6].

Unter Berücksichtigung des Anwendungsbereiches der Bauordnung lässt sich feststellen, dass Befestigungssysteme und Rankhilfen von Fassadenbegrünungen in den Anwendungsfall als Bauprodukte fallen. Die Vegetation der Fassadenbegrünung, als nicht künstlich erzeugtes Produkt, kann jedoch maximal als andere Anlage und Einrichtung gewertet werden. Eine klare bauordnungsrechtliche Forderung an Fassadenbegrünungen lässt sich jedoch, bis auf die allgemeinen Anforderungen an Außenwandbekleidungen nach Art. 26 Abs. 3, innerhalb der Bauordnung aktuell nicht finden [5]. Ob die Anforderungen an Außenwandbekleidungen auch für die Fassadenbegrünung selbst ihre Gültigkeit besitzen, ist fraglich. Sehr wünschenswert wäre, dass sich die

Vertreter/innen der Bauaufsicht auf eine finale Einstufung zur weiteren Betrachtung einigen.

2 Brandschutztechnische Bewertung von begrünten Fassaden

2.1 Schutzziel für Fassadenbrände

Die Betrachtung der Brandausbreitung an Fassaden beruht auf drei Einwirkungsszenarien. Diese sind „Brand eines benachbarten Gebäudes“, „Brand außerhalb des Gebäudes“ und „Brand innerhalb eines Gebäudes“. Der „Brand innerhalb eines Gebäudes“ und der „Brand außerhalb des Gebäudes“ stellen die häufigsten, als auch die kritischsten Brandfälle für eine Brandeinwirkung an der Fassade dar. Für Standardgebäude der Gebäudeklasse 4 und 5 müssen zum aktuellen Zeitpunkt Oberflächen von Außenwänden sowie Außenwandbekleidungen einschließlich der Dämmstoffe und Unterkonstruktionen schwerentflammbar sein und die Baustoffe, die schwerentflammbar sein müssen, dürfen nicht brennend abfallen oder abtropfen. Weitere konkrete Schutzziele wurden seitens der Bauaufsicht nicht formuliert. Ein eindeutiges deutsches Schutzziel für die Begrenzung der Brandweiterleitung über Außenwandbekleidungen wäre für die Betrachtung von Fassaden aus brennbaren Baustoffen jedoch eine wichtige Grundlage [7].

Der Begriff schwerentflammbar lässt sich, mit Blick auf die Klassifizierungsnorm DIN 4102-1, wie folgt definieren: Unter einer, aus einer Wandöffnung schlagenden Flamme darf sich die Brandausbreitung nicht wesentlich außerhalb des Primärbrandbereichs erstrecken [8]. Diese Definition ist mit Blick auf das ursprüngliche bauordnungsrechtliche Schutzziel als Grundlage heranzuziehen, auch wenn die DIN 4102-1 keine Grundlage für Fassadenbrandprüfungen darstellt. Die Zulassungsgrundsätze des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) legen für Außenwandbekleidungen fest, welche Systeme im Großversuch zu untersuchen sind [7].

2.2 Brandschutztechnische Risikobeurteilung für begrünte Fassaden

Eine Auswertung von 54 Brandereignissen mit Fassadenbegrünung (Presseartikelsammlung in einem Betrachtungszeitraum von circa fünfzehn Jahren) ergibt, dass in den meisten Fällen Efeu gebrannt hat. Durch die relativ hohe Anhäufung von abgestorbenen Pflanzenteilen (Totholz im Efeu), die durch die Pflanzeigenschaft „negativ phototrop“ und „immergrün“ begünstigt wird, haben Efeubrände zu einer zum Teil raschen und großflächigen Brandausbreitung geführt [9]. Darüber hinaus können im Brandfall beim Ausdampfen von ätherischen Ölen aus den Pflanzen Durchzündungseffekte entstehen.

Die Realbrandereignisse belegen, dass Brände an Fassadenbegrünungen meist sehr ähnlich ablaufen. Zunächst erfolgt die Verbrennung von Trockenlaub, danach entzünden sich das Totholz und eine evtl. vorhandene brennbare

Kletterhilfe. In den meisten Fällen brennen die trockenen Pflanzenteile innerhalb von wenigen Sekunden ab. Nach dem Abbrand des Totholzes erlischt das Feuer in vielen Fällen eigenständig. Fassadenbereiche mit vitalen und gepflegten Pflanzen tragen in der Regel nicht zur Brandweiterleitung bei [9].

Als Ursachen für kritische Brände an begrünten Fassaden lassen sich folglich fehlende Pflegemaßnahmen und ein unsachgemäßer Umgang mit Flammen bei Garten- bzw. Bauarbeiten (z. B. das Abflammen der Efeuurzeln) ausmachen. In einigen Fällen handelt es sich um bereits vollflächig abgestorbene Fassadenbegrünungen, deren Bodenwurzeln zuvor abgeschnitten, jedoch die Begrünung selbst nicht von der Fassade entfernt wurde [1].

2.3 Stand der Forschung zum Brandverhalten von begrünten Fassaden

2.3.1 Bisher durchgeführte Untersuchungen an begrünten Fassaden

Untersuchungen zum Brandverhalten von begrünten Fassaden wurden insbesondere durch die Magistratsabteilung 39 der Stadt Wien in Verbindung mit der Universität für Bodenkultur Wien durchgeführt. Bis 2014 sind in Europa kaum tiefergehende Untersuchungen zum Brandlastpotential von begrünten Fassaden durchgeführt worden [12].

Tab. 1 stellt die bisher bekannten Untersuchungen chronologisch dar.

Tab. 1 Liste bisher durchgeführter Brandversuche an begrünten Fassaden

List of fire tests on green facades

Institution	Zeitraum	Art der Untersuchung
Departement for Communities and Local Government in London	2013	Fünf Brandversuche an herstellerepezifischen Wandbegrünungssystemen Studie „Fire Performance of Green roofs and Walls“ [13]
Universität für Bodenkultur Wien	2016 - 2017	Brandversuche im Muffelofen im Rahmen von Bachelorarbeiten zur Ermittlung der Entflammbarkeit und des Brandverhaltens von Kletterpflanzen [10], [11]
Magistratsabteilung 39 Stadt Wien (PÜZ)	2015-2018	Vier großmaßstäbliche Brandversuche in Anlehnung an ÖNORM B 3800-5 mit Efeu, Fingerblättrige Klettergurke in Verbindung mit Wildem Wein, sowie Japanischer Blauregen in Verbindung mit Kletterhortensie mit zwei unterschiedlichen Abständen zur Brandkammer [12]
Technische Universität München	2019	Vier großmaßstäbliche Brandversuche im Rahmen einer Masterarbeit mit Kriechspindel, Blauregen, Wildem Wein, Kiwi, Stauden und Kräuter [1]

2.3.2 Brandversuche im Muffelofen

Im Rahmen vom Bachelorarbeiten wurden in Wien das Brandverhalten von Begrünungspflanzen im Muffelofen untersucht. Die gewählten Pflanzen wurden in [11] bei einer konstanten Temperatur von ca. 850 °C und in [10] bei unterschiedlichen Temperaturen in einem Muffelofen thermisch beansprucht, mit dem Ziel, den Zeitpunkt und die Dauer der Rauch- und Brandentwicklung zu bestimmen. Tab. 2 stellt Ergebnisauszüge aus [11] dar.

Tab. 2 Entflammbarkeit von Kletterpflanzen untersucht im Muffelofen [11]

Flammability of climbing plants tested in muffle furnace [11]

Sehr stark entflammbar	Stark entflammbar	Schwach entflammbar	Sehr schwach entflammbar
Immergrünes Geißblatt	Winterjasmin	Zier-Kiwi	Großblütige Alpen-Waldrebe
	Hopfen	Trompetenwinde	
	Wald-Geißblatt	Schilling-Knöterich	
	Kletterrose	Wilder Wein	
	Ramblerrose	Chinesischer Blauregen	
	Akebie / Klettergurke		
	Pfeifenwinde		
	Anemonen-Waldrebe		
	Efeu		
	Kletterhortensie		
	Japanisches Geißblatt		
	Weinrebe		
	Japansicher Blauregen		

sehr starke Entflammbarkeit = entflammt zwischen 0 und 30 Sekunden

starke Entflammbarkeit = entflammt zwischen 30 und 60 Sekunden

schwache Entflammbarkeit = entflammt zwischen 60 und 120 Sekunden

sehr schwache Entflammbarkeit = entflammt zwischen 120 und mehr Sekunden

2.3.3 Großmaßstäbliche Brandversuche

Die Magistratsabteilung 39 der Stadt Wien hat bislang vier Fassadenbrandversuche in Anlehnung an ÖNORM B 3800-5:2013 durchgeführt [12]:

- Versuch 1: Efeu (kein Abstand zum Brandkammersturz)
- Versuch 2: Klettergurke und Wilder Wein (kein Abstand zum Brandkammersturz)
- Versuch 3: Blauregen und Kletterhortensie (1,0 m Abstand zum Brandkammersturz)
- Versuch 4: Blauregen und Kletterhortensie (0,6 m Abstand zum Brandkammersturz)

Bei den Versuchen wurden vitale Pflanzen ohne Totholz untersucht. Tab. 3 stellt die Auswertung der Versuche aus [12] dar:

Tab. 3 Übersicht der Versuchsergebnisse aus [12]

Overview of the test results from [12]

	Brandweiterleitung nach oben hin	Brandweiterleitung seitlich	Abfallen brennender Teile	Nach ÖNORM B 3800-5
Versuch 1	Ja	Nein	Nein	Negativ
Versuch 2	Ja	Nein	Nein	Negativ
Versuch 3	Nein	Nein	Nein	Positiv
Versuch 4	Ja	Nein	Nein	Negativ

3 Durchgeführte großmaßstäbliche Brandversuche

3.1 Versuchskonzeption

Im Rahmen einer Masterarbeit an der Technischen Universität München [1] wurden vier unterschiedliche, vitale Fassadenbegrünungen in Anlehnung an die DIN 4102-20 [14] brandschutztechnisch untersucht, vgl. Tab. 4. Die Pflanzenauswahl erfolgte anhand diverser Herstellerempfehlungen und sollte die aktuell regelmäßig zum Einsatz kommenden Pflanzen abdecken.

Tab. 4: Übersicht der durchgeführten Brandversuche

Overview of the conducted fire tests

Bezeichnung	Durchgeführt am	Hinterlüftungsspalt
BV_Kriechspindel	12.07.2019	Nein
BV_Blauregen	12.07.2019	200 mm
BV_Wilder Wein	12.07.2019	Nein
BV_Kiwi, Stauden, Kräuter	12.07.2019	Nein

Der Prüfstand setzte sich aus einem ausgesteiften Holzrahmen mit darauf montierten Gipsfaserplatten und 16 isolierten Drahtthermoelementen vom Typ K (2 x 0,5 mm) gemäß DIN EN 1363-1 [15] in unterschiedlichen Höhen vgl. Bild 2 zusammen. Die Höhe des Prüfstandes wurde in Anlehnung an die DIN 4102-20 so gewählt, dass die Brandweiterleitung über die Fassadenbegrünung bewertet werden kann. Die Versuche erfolgten im Freien.

Die erforderliche thermische Beanspruchung wurde zuvor durch zwei Referenzprüfungen überprüft. Die

zwanzigminütige Beanspruchung erfolgte durch Verbrennung einer Holzkrippe mit einer Masse von 20 ± 1 kg, vgl. Bild 3. Die Temperaturmessung an den Thermoelementen wurde im Sekundentakt erfasst.

Zu Gunsten einer ungehinderten Flammenausbreitung aus der Brandkammer wurden Pflanzengefäße direkt vor dem Versuchsbeginn entfernt. Flammenhöhen und -ausbreitung wurden durch Video- und Wärmebildkameraaufzeichnung dokumentiert. Der Fokus der visuellen Beobachtung wurde auf die Brandweiterleitung durch die Fassadenbegrünung gelegt, genauer auf die Entflammung von Pflanzen und Kletterhilfen und das Abfallen von brennenden Teilen.

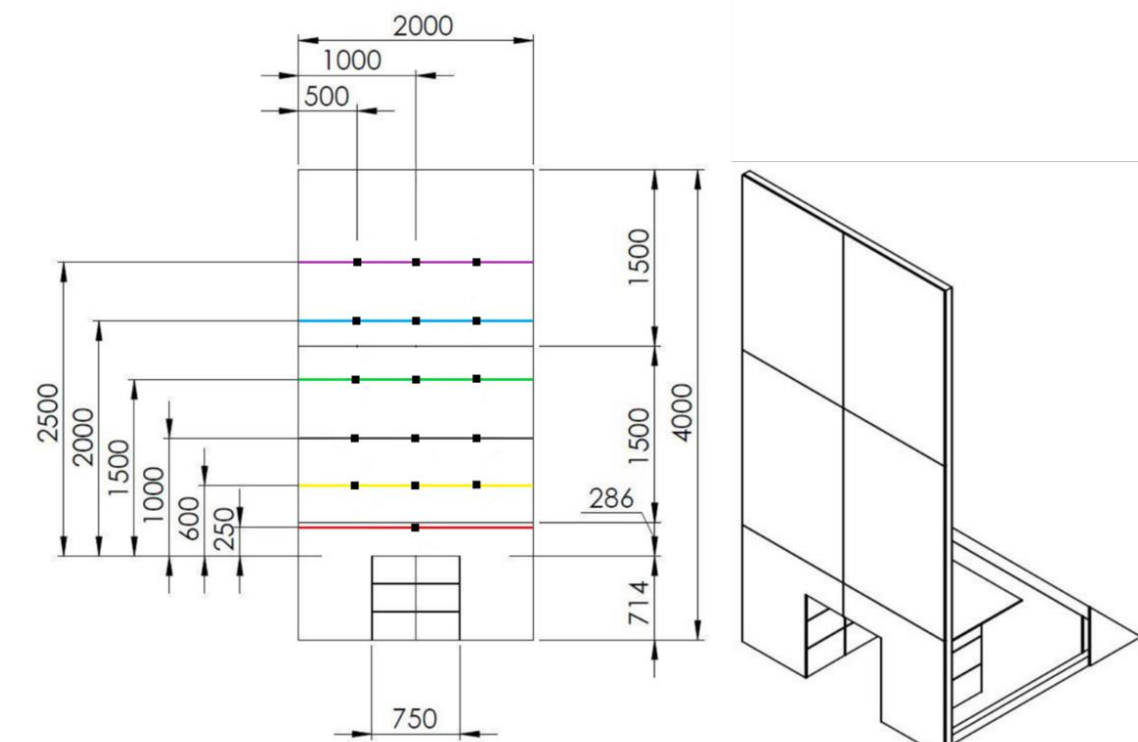


Bild 2: In Anlehnung an DIN 4102-20 hergestellter Prüfstand mit 16 Temperaturmessstellen. Test stand manufactured according to DIN 4102-20 with 16 temperature measuring points.

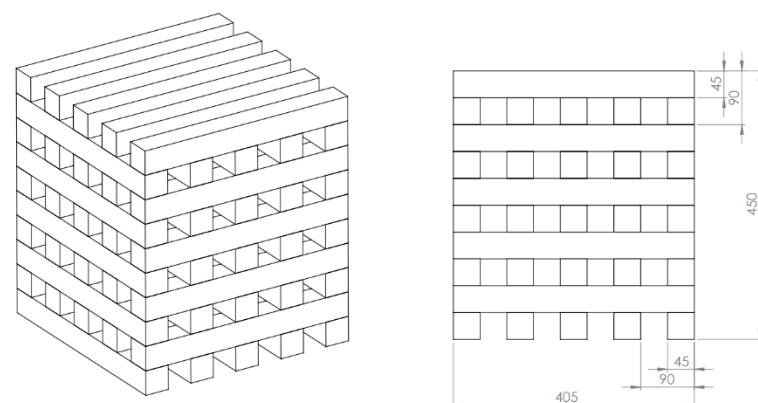


Bild 3: Holzkrippe (20 ± 1 kg). wooden crib (20 ± 1 kg).

3.2 Ziele der Untersuchung

Die Brandversuche sollten aufzeigen, inwiefern sich eine Fassadenbegrünung infolge eines Feueraustritts aus einer Fassadenöffnung am Brandgeschehen beteiligt. In dem flammenbeaufschlagten Bereich (Primärbrand) ist von einer vollständigen Verbrennung der Begrünung auszugehen. Für eine Beurteilung der Schwerentflammbarkeit von Fassadenbegrünungen ist es entscheidend, die eigenständige Brandausbreitung außerhalb des Stützfeuers (Primärbrandbereich) zu erfassen. Dadurch kann festgestellt werden, ob durch Fassadenbegrünungen eine Brandweiterleitung entlang der Fassade begünstigt wird.

Durch die zwanzigminütige Versuchsdauer sollte sowohl das Brandweiterleitungspotenzial vitaler, als auch, durch thermische Beanspruchung, vertrockneter Pflanzenteile untersucht werden. Des Weiteren wurde das Abfallen brennender Pflanzenteile sowie die abgebrannte Fläche der Begrünung dokumentiert. Nach dem Ablöschen der Brandlast in der Brandkammer wurde das eigenständige Weiterbrennen, bzw. das Selbstverlöschen der Begrünung beobachtet. Aus dem, im Rahmen der orientierenden Brandversuche, ermittelten Brandverhalten von Fassadenbegrünungen sollten Tendenzen für brandschutztechnisch sichere Lösungen für Fassadenbegrünungen an mehrgeschossigen Gebäuden (Gebäudeklasse 4 und 5) abgeleitet werden.

3.3 Beschreibung der einzelnen Versuche

Beim Versuch 1 BV_Kriechspindel wurden zwei auf Metallgitter gewachsene Kriechspindel durch Gewindestangen am Prüfstand positioniert und damit eine begrünte Fläche von 1,2 m x 3,5 m geschaffen, vgl. Bild 4. Bei diesem Versuch konnte, aufgrund einer geringfügigen Flammenausbreitung in der 11. Minute, ein kegelförmiger Abbrand der Begrünung bis zu einer Höhe von 2,5 m über dem Brandkammersturz beobachtet werden. Die mehrfach während des Versuches beobachtete lokale Entflammung des Spindelstrauchs steht in Zusammenhang mit der Verbrennung verdampfender Pflanzenextrakte und dauerte in der Regel nur wenige Sekunden an. Eine vertikale Brandweiterleitung auf der Fassade oberhalb von 2,5 m über dem Brandkammersturz war nicht zu beobachten. Der darüber befindliche 0,9 m breite Streifen der Kriechspindel wies auch nach dem Brandversuch noch einen für vitale Pflanzen üblichen Feuchtegehalt auf, vgl. Bild 4 [1].

Beim Versuch 2 BV_Blauregen wurde ein 6 Jahre alter, auf einem Glasfaserklettergerüst gewachsener 3,25 m hoher Blauregen untersucht, vgl. Bild 5. Trotz einer durchschnittlichen thermischen Beanspruchung von 750 °C (0,25 m über dem Brandkammersturz) und einer zusätzlichen Flamme durch den kurzzeitigen Mitbrand der schwerentflammaren Kletterhilfe (0,25 m bis 0,8 m über dem Sturz), konnte keine Entflammung der vertrockneten Pflanzenteile beobachtet werden [1].

Beim Versuch 3 BV_Wilder Wein wurden mit Hilfe von zwölf 100 cm großen Selbstklimmer eine kegelförmige Direktbegrünung geschaffen. Zu Beginn der Prüfung fand bei den Pflanzenteilen nahe der Brandkammer eine sehr rasche pyrolytische Zersetzung statt, dies jedoch ohne aktive Flammenbildung. Aufgrund der sehr geringen Begrünungsdichte wurde ab der 10. Minute keine Veränderung mehr registriert. Im Anschluss wurde daher eine brennende Fackel verwendet, um das Brandweiterleitungspotenzial der, außerhalb des Primärbrandbereiches befindlichen, ausgetrockneten Pflanzenteile zu überprüfen. Durch direkte Einwirkung der Fackel konnte eine Entflammung der trockenen Begrünungsteile beobachtet werden, vgl. Bild 6. Im Anschluss wurde der Versuch nach 13 Minuten beendet [1].

Beim Versuch 4 BV_Kiwi, Stauden, Kräuter wurde die Fassadenfläche mit zehn Kiwi-Pflanzen (links) und mit insgesamt 36 kleinwüchsigen Pflanzen (Geißblatt, japanische Stechpalme und Kriechspindel, rechts) begrünt, vgl. Bild 7. Die Pflanzen wurden mittels Heftklammern befestigt. Die gemessene Temperatur betrug im Durchschnitt 660 °C (0,25 m über dem Brandkammersturz). Es konnten sowohl lokale Entflammungen (Zeitspanne wenige Sekunden) auf Seiten des Kiwi, als auch auf Seiten der Stauden und Kräutern beobachtet werden. Eine vertikale Brandausbreitung außerhalb des Primärbrandherdes war nicht zu erkennen [1].



Bild 4: Versuch BV_Kriechspindel, vorher- und nachher. Fire test BV_Kriechspindel, before and after. **Quelle:** [1]



Bild 5: Versuch BV_Blauregen, vorher- und nachher. Fire test BV_Blauregen, before and after. **Quelle:** [1]



Bild 6: Versuch BV_Wilder Wein, vorher und nachher inkl. brennender Fackel. Fire test BV_Wilder Wein before and after incl. burning torch. **Quelle:** [1]



Bild 7: Versuch BV_Kiwi. Stauden und Kräuter, vorher- und nachher. Fire test BV_Kiwi. Stauden und Kräuter before and after. **Quelle:** [1]

3.4 Ergebnisse

Die Temperatur-Zeit-Verläufe belegen die bereits aus [12] gewonnene Erkenntnis, dass ab einer Temperatur von ca. 550 °C eine Entzündung der Pflanzenmasse zu erwarten ist, vgl. Bild 8. Die höchste gemessene Temperatur von 847 °C wurde beim BV_Kriechspindel erfasst. Die leichten Temperaturschwankungen nach unten sind auf geringfügige Windeinflüsse zurückzuführen und der deutliche Temperaturanstieg in der 12. Minute hängt mit der Durchzündung verdampfender brennbarer Pflanzenextrakte zusammen.

Bis auf BV_Blauregen, bei dem keine Entflammung, sondern nur langsames Austrocknen und Verkohlen der Pflanze erfasst wurden, konnte bei allen anderen Brandversuchen eine begrenzte Entflammung der Begrünung innerhalb des Primärbrandherdes beobachtet werden. Es fand jedoch weder eine eigenständige Brandausbreitung oberhalb des Stützfeuers statt, noch trat ein Abfallen brennender Pflanzenteile dabei auf, vgl. Tab. 5. Beim BV_Wilder Wein ist auf Grund der geringen Begrünungsdichte keine repräsentative Aussage möglich [1].

Tab. 5: Übersicht der Versuchsergebnisse

Brandversuche	Entflammung	Brandweiterleitung	Brennendes Abfallen	Abgebrannte Fläche
BV_Kriechspindel	ja	geringfügig	nein	kegelförmig
BV_Blauregen	nein	nein	nein	keine
BV_Wilder Wein	ja	auf Grund geringer Begrüpfungsdichte nicht aussagekräftig	nein	nicht erkennbar
BV_Kiwi, Stauden, Kräuter	ja	nein	nein	kegelförmig

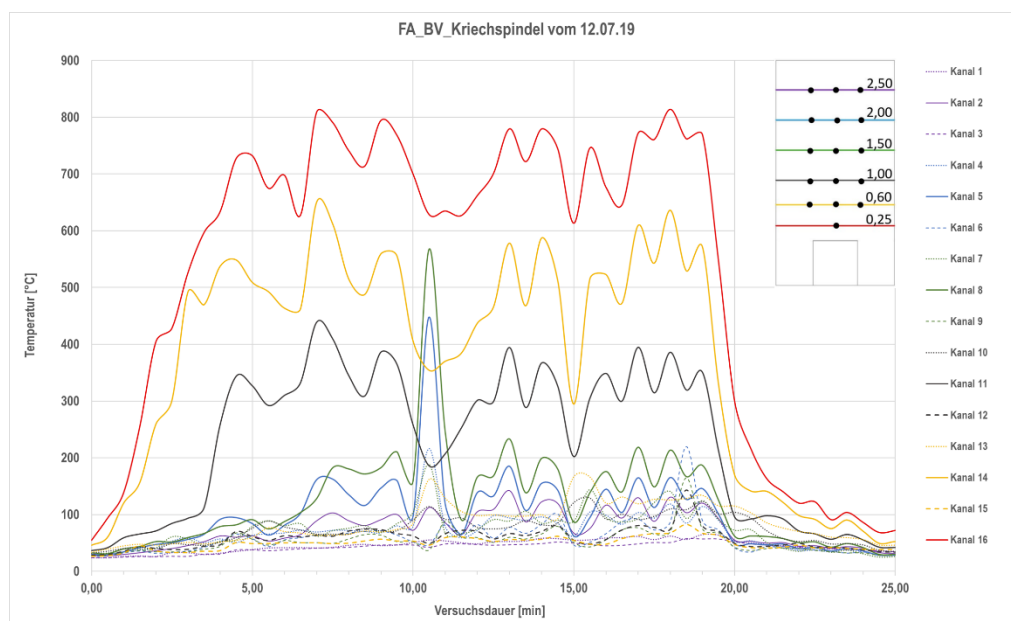


Bild 8: Temperatur-Zeit-Diagramm Brandversuch BV_Kriechspindel. Temperature-time-diagram of fire test BV_Kriechspindel **Quelle:** [1]

4 Versuchsauswertung und Ableitung von Maßnahmen

Die orientierenden großmaßstäblichen Untersuchungen der verschiedenen Begrünungsarten ergaben, dass die aus der Brandkammer (simulierte Fensteröffnung) schlagenden Flammen zu keiner wesentlichen Brandausbreitung außerhalb des Primärbrandbereichs führten. Durch diese Brandversuche kann somit im ersten Schritt ein äquivalent schwerentflammbares Verhalten der jeweiligen Fassadenbegrünungsarten festgestellt werden.

Am kritischsten verhielt sich der Wilde Wein. Ursache dafür war die Brennbarkeit der ausgetrockneten Triebe. Zu berücksichtigen ist, dass auch hier nur durch aktives Eingreifen (Fackel) eine Brandweiterleitung erreicht werden konnte. Die Begrüpfungsdichte war jedoch verhältnismäßig gering angesetzt.

Die Pflanzenarten Kriechspindel, Blauregen und Kiwi, sowie die untersuchten Stauden und Kräuter verhielten sich aus brandschutztechnischer Sicht sehr unkritisch. Besonders der Blauregen nahm zu keinem Zeitpunkt aktiv am

Brandgeschehen teil. Sowohl bei der Kriechspindel als auch beim Blauregen waren die Pflanzenteile außerhalb der Primärflamme nach dem Versuch noch vital und flüssigkeitsführend.

Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass für brandschutztechnisch sichere Begrünungssysteme ohne weitere brandschutztechnisch konstruktive Maßnahmen keine negativ phototropen Pflanzensysteme (z.B. Efeu) zum Einsatz kommen sollten. Entscheidend für die Brandweiterleitung ist die vorhandene tote Pflanzenmasse, die eine zusätzliche Brandlast darstellt und bei negativ phototropen Pflanzenarten in großen Mengen vorkommt. Da das Brandweiterleitungspotenzial mit der Begrünungsdichte der Pflanze und der damit verbundenen Ansammlung von brennbaren Gasen aus ätherischen Ölen zusammenhängt, sollten grundsätzlich Pflanzen mit einer geringen Brennbarkeit gewählt werden, vgl. Kapitel 0.

Darüber hinaus stellt die regelmäßige Pflege und Wartung eine sehr wichtige Grundlage für eine brandschutztechnisch sichere Fassadenbegrünung dar. Großflächig abgestorbene Pflanzen (Brandlast) müssen zeitnah erkannt und entfernt werden.

Die Eigenschaften immergrün, bzw. sommergrün weisen aus brandschutztechnischer Sicht jeweils beide Vor- und Nachteile auf. Immergrüne Pflanzenarten (z. B. Kriechspindel) weisen im Falle von Nährstoffmangel, Absterben und anderen Faktoren eine auffällige Farbgebung auf. Dies ist insbesondere mit Blick auf die Überwachung der Pflege der Fassadenbegrünung von Vorteil. Der Vorteil von sommergrünen Pflanzenarten (z. B. Blauregen) ist, dass sie in der Regel eine geringere Totmasse aufweisen, insbesondere dann, wenn aufgrund des relativ großen Ästeabstandes das großflächige Abfallen vertrockneter Blätter ungehindert möglich ist.

Es erscheint zielführend, eine brandschutztechnisch sichere Fassadenbegrünung durch eine gut überlegte Vorauswahl der Pflanzenart und Konstruktionsform zu gewährleisten. Sofern keine ausreichende Datenbasis zur Verfügung steht, sind orientierende Brandversuche durchzuführen. Maßgebend ist das Brandverhalten der Begrünung außerhalb des Primärbrandbereiches.

Weniger effektiv und nur in Einzelfällen sinnvoll erscheint aus Sicht der Autoren eine Anordnung von geschossweisen Brandsperren, wie beispielsweise bei Holzfassaden üblich. Die Brandsperren würden bei selbständig wachsenden Kletterpflanzen überwuchert werden und wären nur durch intensive Wartung und Pflege weiterhin effektiv wirksam. Die Magistratsabteilung 39 der Stadt Wien hat in ihrer Veröffentlichung allgemeine Vorschläge für die brandschutztechnische Betrachtung einer Fassadenbegrünung mit Kletterpflanzen gegeben, u.a. werden hier Schutzabstände von 1,0 m über Öffnungen in der Außenwand und zum Dach hin, in denen keine Begrünung angeordnet werden darf, empfohlen [12]. Ziel der Maßnahme ist es, durch definierte Abstände von der

Primärbrandflamme, die Entzündung und die darauffolgende kurzzeitige vertikale Brandweiterleitung entlang der Fassadenbegrünung zu verhindern [12]. Diese Maßnahmen sind jedoch praktisch im laufenden Betrieb eines Gebäudes nur schwer sicherzustellen und erfordern ebenfalls ein hohes Maß an Wartung und Pflege. Begründen lässt sich die Maßnahme durch das österreichische Schutzziel [7]. Der 1,0 m Abstand soll eine Brandweiterleitung über die Fassade im zweiten Geschoss über dem Brandgeschoss verhindern. Wirksam wird die Maßnahme an einer Öffnung, die im zweiten Geschoss über dem Brandgeschoss liegt. Durch die fehlende Begrünung im Bereich der Öffnungsfläche und dem 1,0 m breiten Streifen oberhalb, will man die Brandweiterleitung verhindern. Die Wirksamkeit dieser Maßnahmen, die in Normversuchen nach ÖNORM B 3800-5 an einem witterungsunabhängigen Prüfstand im Labor untersucht wurden, ist mit Blick auf reale durchschnittliche Flammenlängen zwischen 3,0 m und 4,5 m, bzw. Flammenspitzen bis zu 6 m, die aus einer Öffnung schlagen und unter Berücksichtigung von Windeinflüssen, fraglich [16], aus Sicht des direkten Vergleichs mit anderen rein normativ bereits geprüften Fassadenkonstruktionen jedoch nachvollziehbar. Bzgl. der unterschiedlichen Ansätze Deutschlands und Österreichs zur Schutzzieldefinition wird auf [7] verwiesen.

Mit Blick auf die Versuche bleibt zu beachten, dass es sich um rein orientierende Erkenntnisse handelt. Im Rahmen der Untersuchungen wurden klimatische Einflüsse (z. B. Trockenheit im Winter) auf das Brandverhalten von Begrünungen nicht untersucht.

Weiter wurden alle Versuche mit einer nichtbrennbaren Trägerplatte durchgeführt. Für das Verhalten bei schwerentflammaren, bzw. normalentflammaren Oberflächen lassen sich zwar Vorhersagen tätigen, aber, mit Blick auf den bisherigen Versuchsumfang, keine vollständig belegbaren Aussagen. Auch hier sind weitere Untersuchungen erforderlich.

5 Fazit

Die Begrünung der zahlreichen vorhandenen horizontalen und vertikalen Gebäudeflächen wird in Deutschland mit Blick auf die Lebensqualität, das Stadtklima und die gesetzten Klimaschutzziele zwangsläufig an Bedeutung gewinnen. Die Fassadenbegrünungen bei mehrgeschossigen Gebäuden sollte aber keinen negativen Einfluss auf das Sicherheitsniveau der Gebäude, insbesondere den Brandschutz nehmen. Die vorliegenden Versuchsergebnisse zeigen, dass bei der richtigen Wahl der Pflanzenart und Konstruktionsform brandschutztechnisch sichere Lösungen erzielt werden können. Im laufenden Betrieb stellt die regelmäßige Pflege und Wartung eine wichtige Grundlage dar. Das Themenfeld der Fassadenbegrünung gilt insgesamt, sowie bezogen auf brandschutztechnische Gesichtspunkte, als ein umfangreiches Forschungsfeld der Zukunft.

Literatur

- [1] NODER, J. (2019) *Begrünte Fassaden aus brandschutztechnischer Sicht* [Master-Thesis]. Technische Universität München.
- [2] UNITED NATIONS - DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS POPULATION DIVISION [HRSG.] (2019): *World Urbanization Prospects The 2018 Revision*. New York
- [3] PFOSER, N. (2018) *Vertikale Begrünung - Bauweisen und Planungsgrundlagen zur Begrünung von Wänden und Fassaden mit und ohne natürlichen Boden-/ Bodenwasseranschluss*, Eugen Ulmer KG., Stuttgart.
- [4] KÖHLER, M. et al. (2012) *Handbuch Bauwerksbegrünung Planung- Konstruktion – Ausführung*, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG, Köln.
- [5] BAYRISCHE STAATSREGIERUNG (2019) *Bayerische Bauordnung (BayBO)*. In der Fassung der Bekanntmachung vom 14. August 2007, die zuletzt durch § 3 des Gesetzes vom 24. Juli 2019 geändert worden ist. München.
- [6] MOLODOVSKY, P.; FAMERS, G.; WALDMANN, T. (2019) *Kommentar Bayerische Bauordnung*. 45. Update Oktober 2019: Rehm 2019.
- [7] ENGEL, T.; WERTHER, N. (2020) *Analyse der zulässigen Brandausbreitung über die Fassade*. in: Bautechnik <https://doi.org/10.1002/bate.202000007>.
- [8] DIN 4102-1:1998-05 (1998) *Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 1: Baustoffe Begriffe, Anforderungen und Prüfungen*. Beuth, Berlin.
- [9] BRANDWEIN, T. (2014) *Statistisches über Brände mit Kletterpflanzen und Strategien zu ihrer Vermeidung* in: Workshop „Brandschutz und Grün“. Wien, 24. Oktober 2014.
- [10] BÜHN, S. (2017) *Prüfung der Entflammbarkeit von Kletterpflanzen am Kriterium des Verhaltens lebender Pflanzenteile bei kritischen Temperaturen* [BAKKALAUREATSARBEIT]. Universität für Bodenkultur Wien.
- [11] PICHLHÖFER, S. (2016): *Brandverhalten von Kletterpflanzen in Bezug auf Fassadenbegrünungen*. [BACHELOR-THESIS] Universität für Bodenkultur Wien.
- [12] WERNER, D., G. POMMER, K. (2018) *Studie zum Thema "Brandverhalten von Grünfassaden in großmaßstäblichen Versuchen*. Magistratsabteilung 39 Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle der Stadt Wien. 20.12.2018. Wien

Engel, T.; Noder, J. (2020) Begrünte Fassaden aus brandschutztechnischer Sicht. <https://doi.org/10.1002/bate.202000041>

[13] DEPARTMENT FOR COMMUNITIES AND LOCAL GOVERNMENT [HRSG.] (2013): *Fire Performance of Green Roofs and Walls*. August 2013. London.

[14] DIN 4102-20:2017-10 (2017) *Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 20: Ergänzender Nachweis für die Beurteilung des Brandverhaltens von Außenwandbekleidungen*. Beuth, Berlin.

[15] DIN EN 1363-1:2012-10 (2012) *Feuerwiderstandsprüfungen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen*. Beuth, Berlin.

[16] KOTTHOFF, I. (2000) *Forschungsbericht B15-8001 96-18: Erarbeitung realer Prüfbedingungen für die Durchführung von Original-Brandprüfungen an B 1-Fassadensystemen und eines Verfahrens zur Berechnung von Brandabläufen an Fassaden* Materialforschung und Prüfungsanstalt für das Bauwesen Leipzig e.V. vom 03.10.2000, 1. Ausfertigung.

Autoren

Thomas Engel, M.Sc.
Technische Universität München
Ingenieur fakultät Bau Geo Umwelt
Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion
Arcisstraße 21
80333 München
engel@tum.de

Julia Noder, M.Sc.
FIRE & TIMBER .ING GmbH
Enhuberstraße 5
80333 München
noder@ft-ing.de

Zitieren Sie diesen Beitrag

Engel, T.; Noder, J. (2020) Begrünte Fassaden aus brandschutztechnischer Sicht. *Bautechnik* 97, H. 8, S. 549–557.
<https://doi.org/10.1002/bate.202000041>

Dieser Aufsatz wurde in einem Peer-Review-Verfahren begutachtet.

Eingereicht: 23. April 2020; angenommen: 26. Juni 2020.

Engel, T.; Noder, J. (2020) Begrünte Fassaden aus brandschutztechnischer Sicht. <https://doi.org/10.1002/bate.202000041>

Hinweis

Dies ist die angenommene Version desfolgenden Artikels: Engel, T.; Noder, J. (2020) Begrünte Fassaden aus brandschutztechnischer Sicht. Bautechnik 97, H. 8, S. 549–557, die in endgültiger Form veröffentlicht wurde unter <https://doi.org/10.1002/bate.202000041>. Dieser Artikel darf für nicht-gewerbliche Zwecke entsprechend der Wiley Selbstarchivierungs-Richtlinie verwendet werden.