



Brandschutz für Grünfassaden – FireSafeGreen

Untersuchung der brandschutz-
technischen Anwendbarkeit
von begrünten Fassaden an
mehrgeschossigen Gebäuden

Thomas Engel



Kletterpflanzen können an
mehrgeschossigen Gebäu-
den brandschutzsicher
eingesetzt werden

Regelmäßige Pflege
macht Kletterpflanzen
brandsicher

Kurzfassung

Eine wesentliche gesellschaftliche Herausforderung unserer Zeit ist die Bekämpfung des Klimawandels und damit einhergehend der Vollzug der Energiewende. Überlegungen zu einer nachhaltigen Entwicklung führen schnell auf den Bausektor. Neben dem Bausektor spielt jedoch auch der Umgang mit der Urbanisierung eine wichtige Rolle für eine nachhaltige Entwicklung. Obwohl Städte nur 2 % der globalen Landfläche einnehmen, lebt mehr als die Hälfte der Weltbevölkerung in Städten. Drei Viertel der europäischen Bevölkerung leben in Ballungsräumen und dieser Anteil wird voraussichtlich noch stark zunehmen (United Nations Department of Economic and Social Affairs 2019). Der daraus resultierende Bedarf an einer nachhaltigen Stadtentwicklung erfordert ein ausreichendes Angebot an Grün- und Erholungsflächen. Der zunehmende Mangel an bezahlbarem Wohnraum und die damit einhergehende Nachverdichtung stehen jedoch der Schaffung neuer öffentlicher Grünflächen oft entgegen und fordern die Stadtplanung entsprechend heraus. Der Wärmeinsel-Effekt (auch: Urban heat island) erschwert eine nachhaltige Urbanisierung weiter: Die Speicherung von Sonnenwärme in der Bausubstanz und Bodenoberfläche, die Behinderung und Wiederabsorption der nächtlichen langwelligen Strahlung durch Gebäude, die den Himmel verdecken, sowie die Wärmeabstrahlung durch menschliche Aktivitäten wie Verkehr, Heizung und Klimaanlage sorgen dafür, dass städtische Inseln mit einem deutlich wärmeren Klima aufwarten als die umliegenden ländlichen Gebiete (Parker 2010). Um der stetig wachsenden Versiegelung im urbanen Raum entgegenzuwirken, ist es notwendig, die vorhandenen und entstehenden Gebäudeflächen für eine nachhaltige Nutzung heranzuziehen. Eine Lösung ist die Begrünung der zahlreichen horizontalen und vertikalen Flächen. Sie verbessern beispielsweise die Luftqualität und die thermische Leistung des Gebäudes, verringern den Wärmeinseleffekt, reduzieren Lärm durch Absorption und stellen zusätzlichen Sauerstoff bereit. (Alexandri/Jones 2008; Perini et al. 2011). Begrünte Fassaden liegen folglich im Trend. Die Brandausbreitung entlang der Fassade stellt jedoch grundsätzlich weltweit eines der kritischsten Brandszenarien dar und Pflanzen sind zusätzliche brennbare Materialien. Der Einfluss begrünter Fassaden auf die Brandweiterleitung entlang der Fassade ist folglich nicht zu vernachlässigen. Für die brandschutztechnische Bewertung von begrünten Fassaden gibt es aktuell

nur wenige Bewertungsgrundlagen. Mittelmaßstäbliche Brandversuche im Rahmen dieses Forschungsvorhabens zeigten: Haupteinflussfaktor auf das Brandverhalten von Pflanzen ist der Feuchtigkeitsgehalt. Die Pflanzenart selbst spielt eine untergeordnete Rolle in Bezug auf das Brandverhalten und ist nach diesen Erkenntnissen, zumindest für die untersuchten Varianten, zu vernachlässigen. Auch der direkte Vergleich von jungen und alten Pflanzen sowie der Vergleich eines jahreszeitlichen Einflusses von Sommer und Winter zeigte keinen signifikanten Unterschied bei vitalen, gepflegten Pflanzen. Im Verlauf von Bränden an begrünten Fassaden kommt es zu kurzen Wärmefreisetzungsspitzen. Diese Spitzen werden als „Strohfeuer“ bezeichnet. Sie entstehen, wenn Teile der Pflanzen durch die Brandeinwirkung austrocknen und sich dann schlagartig entzünden. Bei vitalen, gepflegten Pflanzen tritt eine horizontale Brandausbreitung nur in sehr geringem Umfang auf. Weiter verhalten sich vitale begrünte Fassaden nach Ende der Primärbrandeinwirkung selbstverlöschend (Engel 2023; Engel/Werther 2024). „Living Walls“ bzw. wandgebundene Systeme können sich aus brandschutztechnischer Sicht kritisch verhalten. Hier sind großmaßstäbliche Brandversuche und mittelfristig entsprechende Anwendbarkeitsnachweise notwendig. Kletterpflanzen an nichtbrennbaren Rankhilfen lassen sich allgemeingültig bewerten und stellen aus brandschutztechnischer Sicht ein geringeres Risiko dar. Die entscheidende Einflussgröße für eine brandsichere Grünfassade ist die Pflege und Wartung.

Ergebnisse

1.1 Einleitung

Begrünte Fassaden werden zunehmend populärer. Gründe hierfür sind unter anderem, dass durch begrünte Fassaden in urbanen Räumen die Luftqualität und die thermische Leistung des Gebäudes verbessert, der Wärmeinseleffekt verringert und Lärm durch Absorption reduziert werden sollen (Alexandri/Jones 2008; Perini et al. 2011). Der Begriff begrünte Fassaden ist ein Überbegriff für sehr unterschiedliche konstruktive Ausführungen von Fassadenbegrünungen. Abbildung 1 zeigt die verschiedenen Arten von Fassadenbegrünungen (Köhler/Ansel 2012; Mahabadi et al. 2018; Pfoser 2018).

Fassadenbegrünungen

Prinzipiell zu unterscheiden sind eine direkte bodengebundene Begrünung an der Außenwand durch Kletterpflanzen, eine indirekte bodengebundene Begrünung durch von der Außenwand abgesetzte Kletterhilfen und begrünte Wandsysteme mit Bepflanzung in Gefäßen oder an flächigen vertikalen Vegetationsflächen („Living Wall“). Auch Mischformen sind möglich. Wandgebundene Begrünungssysteme (ohne Bodenanschluss) zeichnen sich durch integrierte Bewässerungssysteme, beliebige Begrünungsgrößen und einfache Austauschbarkeit der Pflanzen aus. Sie ermöglichen eine umfassende vorkultivierte Begrünung der Fassade ab Fertigstellung des Gebäudes durch Modul- oder Regalsysteme (Köhler/Ansel 2012; Pfoser 2018). Eine wandgebundene Begrünung in Form einer „Living Wall“ ist ein komplettes, vorgehängtes, hinterlüftetes Fassadensystem. Es besteht aus hinterlüftetem Hohlraum, Unterkonstruktion, Tragstruktur, Trägerplatten, Dämmung, Substrat, Vlies, Bewässerungssystem und der Pflanze selbst. Die Systeme unterscheiden sich von Hersteller zu Hersteller erheblich.

Für bodengebundene Begrünungen an Kletterhilfen haben sich je nach Dickenwuchs (Wüchsigkeit) Wandab-

stände von 50 bis 200 mm zur Kletterhilfe etabliert (Mahabadi et al. 2018; Pfoser 2018). Ein ausreichender Abstand ist neben der Wüchsigkeit der Pflanze auch aufgrund der sonst möglichen Überhitzung der Gerüstkletterpflanze durch die Außenwand notwendig (Pfoser 2018).

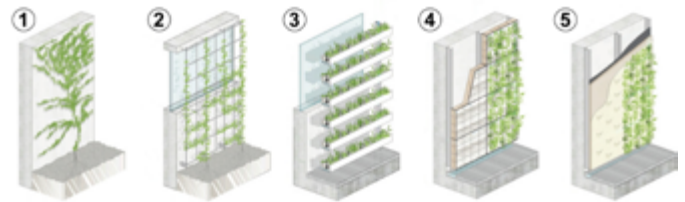


Abb. 1: Ausbildungsformen von Fassadenbegrünungen. 1) Direktbewuchs mit Selbstklimmern, bodengebunden, 2) leitbarer Bewuchs an Kletterhilfen, bodengebunden, 3) Pflanzgefäße, horizontale Vegetationsflächen, wandgebunden, 4) modulares System „Living Wall“, vertikale Vegetationsflächen, wandgebunden, 5) flächiges System „Living Wall“, vertikale Vegetationsflächen, wandgebunden, Quelle: Pfoser 2018

Die Verwendung von Kletterpflanzen zur Fassadenbegrünung weist viele regionale Besonderheiten auf (Köhler/Ansel 2012; Mahabadi et al. 2018; Pfoser 2018). Das Artenpotenzial für Kletterpflanzen in der DACH-Region umfasst ca. 150 Arten und Sorten (Köhler/Ansel 2012). Das Spektrum der möglichen Pflanzenarten für wandgebundene Begrünungssysteme ist wesentlich umfangreicher. Für die DACH-Region werden in (Mahabadi et al. 2018) ca. 100 Arten und Sorten aufgeführt. Zu unterscheiden sind Stauden, Gräser und Klettergehölze (Köhler/Ansel 2012).

1.2 Brandschutztechnische Bewertbarkeit der verschiedenen begrünten Fassadentypen

Wie im Abschnitt zuvor beschrieben sind „Living Walls“ komplexe Fassadensysteme, die sich von Hersteller zu Hersteller erheblich unterscheiden. Die herstellereigenen Systeme lassen sich nur durch großmaßstäbliche Brandversuche am jeweiligen Gesamtsystem produktspezifisch zielführend untersuchen (Engel 2023). Bielawski et al. (2024) zeigen beispielhaft das kritische Brandverhalten einer herstellereigenen „Living-Wall“ anhand von Brandversuchen. Anders verhält sich dies

für Kletterpflanzen an Rankhilfen. Diese können brandschutztechnisch allgemeingültig untersucht und im Folgenden bewertet werden. Aus diesen Untersuchungen ergeben sich allgemein gültige Prinzipien für einen brandschutztechnischen sicheren Betrieb (Engel 2023).

1.3 Stand der Forschung

Zum Brandverhalten begrünter Fassaden und der daraus folgenden Brandweiterleitung über die Fassaden stehen zum aktuellen Zeitpunkt international nur wenige Erkenntnisse zur Verfügung. Eine genaue Übersicht zum aktuellen Stand der Forschung für das Brandverhalten von begrünten Fassaden kann Engel (2023) und Engel/Werther (2024) entnommen werden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass mittel- bzw. großmaßstäbliche Brandversuche an begrünten Fassaden bis dato vor allem in Österreich und Deutschland durchgeführt wurden. Diese Untersuchungen fanden jedoch vorwiegend an genormten Fassadenbrandprüfständen, die ursprünglich für einen anderen Anwendungsfall konzipiert wurden und nicht den Auswirkungen realer Brandereignisse entsprechen (Engel 2023), statt. Die aktuelle Herausforderung für begrünte Fassaden besteht folglich darin, dass Ergebnisse skaliert Prüfverfahren, wie beispielsweise nach ÖNORM B 3800-5:2013 oder DIN 4102-20:2017-10, in Verbindung mit Bewertungskriterien, die ebenfalls für andere Baustoffe konzipiert wurden, direkt in die Realität überführt bzw. Maßnahmen darauf aufbauend abgeleitet werden. Dieses Vorgehen kann zu unrealistischen Ergebnissen führen und birgt ohne gesamtheitliche Betrachtung Risiken (Engel 2023).

Die Auswertung des Stands der Forschung liefert zwei wesentliche Erkenntnisse: Erstens ist eine regelmäßige Pflege und Wartung eine wichtige Grundlage für eine brandschutztechnisch sichere Fassadenbegrünung. Großflächig abgestorbene Pflanzen müssen zeitnah erkannt und entfernt werden. Zweitens ist bei einer Brandbeanspruchung der begrünten Fassaden mit einem Austrocknen der Begrünung und im weiteren Verlauf mit einer abrupten kurzweiligen Brandausbreitung („Strohfeuer“) begrenzender Bereiche außerhalb des Primärbrandes zu rechnen (Engel 2023; Engel/Werther 2024).

1.4 Brandverhalten der Pflanzen

Im Rahmen des Forschungsvorhabens FireSafeGreen wurde in einem ersten Teil das Brandverhalten von be-

grünten Fassaden untersucht. Im Fokus stand hierbei die Entflammbarkeit begrünter Fassaden, die im Rahmen von 43 kalorimetrischen Brandversuchen im mittleren Maßstab mit der Prüfmethode Single Burning Item (SBI) (EN 13823:2020-09) bewertet wurde. Schwerpunkt der Untersuchung waren insgesamt 25 Kletterpflanzenarten. Der Haupteinflussfaktor auf das Brandverhalten von Pflanzen ist der Feuchtigkeitsgehalt der Pflanze (Engel/Werther 2024). Ein Vergleich der Wärmefreisetzungsrate von vitalen Pflanzen (normaler Feuchtigkeitsgehalt) zeigt ein ähnliches Verhalten (Abbildung 2).

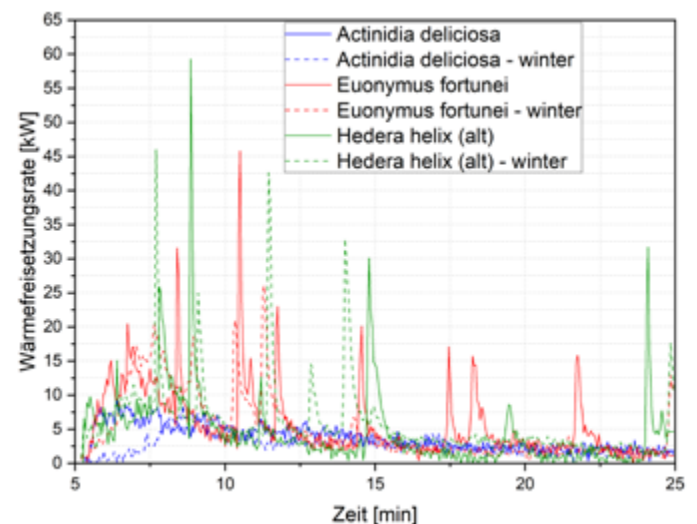


Abb. 2: Vergleich der Wärmefreisetzungsrate von Actinidia deliciosa, Euonymus fortunei und Hedera helix im Sommer und Winter, Quelle: Thomas Engel

Im Verlauf der Beanspruchung kommt es zu kurzen Spitzen der Wärmefreisetzungsrate. Diese Spitzen sind die aus vorherigen Untersuchungen bekannten „Strohfeuer“. Sie entstehen, wenn Teile der Pflanzen durch die Brandeinwirkung austrocknen und sich dann schlagartig entzünden. Die Pflanzenart selbst hat keinen signifikanten Einfluss auf das Brandverhalten. Bei allen Versuchen trat mit vitalen, gepflegten Pflanzen eine horizontale Brandausbreitung in nur sehr geringem Umfang und nach Abschalten des Brenners ein Selbstverlöschen auf. Auch ein direkter Vergleich zwischen jungen und alten Pflanzen sowie der Vergleich des jahreszeitlichen Einflusses zwischen Sommer und Winter ergab keinen signifikanten Unterschied bei vitalen, gepflegten Pflanzen (Engel/Werther 2024).

Ein entscheidender Unterschied lag bei getrockneten Pflanzen vor. Hier trat zu Beginn eine abrupte Wärmefreisetzungsrate auf. Abgestorbene Pflanzen sowie ungepflegte Pflanzen mit einem hohen Anteil an Totholz stellen folglich den kritischsten Fall dar. Abbildung 3 stellt die Wärmefreisetzungsrate eines 42 Tage getrockneten, eines

vitalen jungen und eines vitalen alten Efeus (*Hedera helix*) im Vergleich zu einer 13 mm Span- und einer 9 mm Sperrholzplatte dar (Engel/Werther 2024).

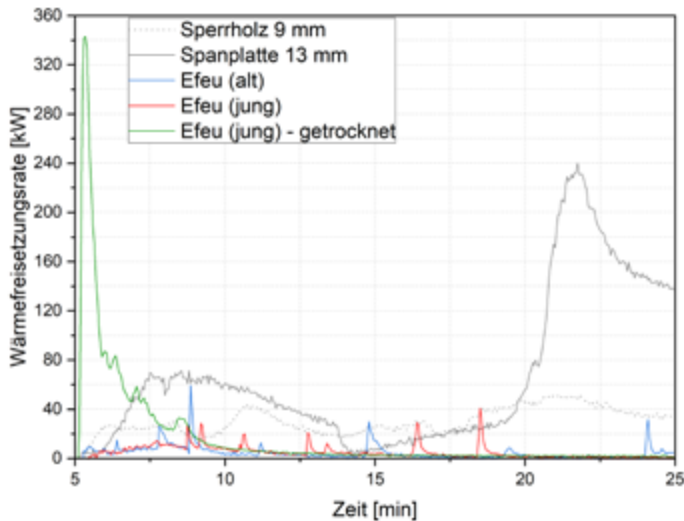


Abb. 3: Wärmefreisetzungsrate eines 42 Tage getrockneten, eines vitalen jungen und eines vitalen alten Efeus im Vergleich zu einer 13 mm Span- und einer 9 mm Sperrholzplatte, Quelle: Thomas Engel

Pflege und Wartung einer begrünten Fassade sind daher der wichtigste Faktor für die Aufrechterhaltung der Brandsicherheit. Totholz in Form von abgestorbenem Laub, Ästen oder Vogelnestern ist regelmäßig zu entfernen. Außerdem ist stetig zu prüfen, ob die Pflanzen noch vital sind und einen normalen Feuchtigkeitsgehalt aufweisen. Zusätzlich sind die Pflanzen regelmäßig zurückzuschneiden. Unkontrolliertes Wachstum kann zu viel Totholz führen – vor allem bei lichtfliehenden Pflanzen (Engel/Werther 2024).

Im nächsten Schritt war es notwendig, die Erkenntnisse aus den mittelgroßen Versuchen im großen Maßstab zu überprüfen; insbesondere die vertikale Brandausbreitung ist hierbei genauer zu bewerten (Engel 2023; Engel/Werther 2024).

1.5 Kombination von Holz- und Grünfassaden

Eine zentrale Frage für die Realisierung kombinierter Holz- und Grünfassaden sind die entstehenden Wechselwirkungen im Brandfall. Die konkrete Frage ist, ob der Wärmestrom einer brennenden begrünten Fassade ausreicht, um eine dahinterliegende Außenwandverkleidung aus Holz zu entzünden und ob eine begrünte Fassade im Bereich von Brandsperren (Engel/Werther 2023; MHolz-BauRL) von Holzfassaden zu einem Zündschnurreffekt führt.

Zur Untersuchung dieser Fragestellung wurden mittelmaßstäbliche Brandversuche durchgeführt (Engel 2023, Abbildung 4).



Abb. 4: Fotodokumentation des Brandversuchs Test 3 mit Holz- und Grünfassade zur 3. Prüfminute, Foto: Thomas Engel

Im Rahmen der Versuche wurde ein Abstand von 110 mm zwischen Rankgitter und Holzschalung gewählt. Diese Wahl soll eine möglichst kritische Brandeinwirkung der begrünten Fassade aufgrund des geringen Abstandes zur Holzschalung generieren. Bekannt ist, dass Wandabstände für bodengebundene Begrünungen von 50 mm bis 200 mm zur Kletterhilfe üblich sind (Mahabadi et al. 2018; Pfoser 2018). Diese Richtwerte orientieren sich an typischen mineralischen Außenwänden ohne Brandsperren. Ein ausreichender Mindestabstand zur Außenwand ist notwendig, da vor allem Pflanzen mit dichter Blattmasse einen Hitzestau begünstigen und folglich absterben können. Um eine Überhitzung zu vermeiden, muss eine Luftzirkulation an der Fassade durch einen ausreichenden Abstand der Rankgitter zur Außenwand uneingeschränkt möglich sein (Pfoser 2018).

Für Holzfassaden an mehrgeschossigen Gebäuden sind in Deutschland Brandsperren (Engel/Werther 2023; MHolz-BauRL) in jedem Geschoss notwendig. Diese Brandsperren definieren einen Mindestabstand der Begrünung zur Außenwand, da die Pflanze auf der einen Seite nicht durch die Brandsperre hindurch wachsen kann und auf der anderen Seite ein ausreichender Mindestabstand zur Stahlbrandsperre nötig ist, um eine Überhitzung der Pflanze in diesem Bereich zu vermeiden. Mit Zunahme der Auskran-

gung der Brandsperre nimmt auch der Abstand des Rankgitters zur Holzschalung zu; folglich nimmt die Einwirkung aus dem Abbrand der Begrünung aufgrund des größeren Abstandes ab. Dies ist der Grund, warum bei den durchgeführten und in Engel (2023) genauer beschriebenen Brandversuchen eine Nut-Feder-Holzschalung mit verhältnismäßig geringer Auskragung der Brandschutzabschottungen bzw. Brandsperren gewählt wurde.

Im Rahmen der Versuche wurde die Begrünung direkt bündig vor der 100 mm auskragenden Brandsperre vorbeigeführt. Weiter wurde der Bereich zwischen Holzschalung und Rankgitter flächig mit Pflanzentrieben eines über 15 Jahre alten Efeus (*Hedera helix*) gefüllt (Engel 2023). Die Wahl fiel auf Efeu, da er eine hohe Blattmasse und einen verhältnismäßig großen Triebdurchmesser hat. Die Versuchsanordnung und die Begrünungsdichte sollten eine ungepflegte und folglich mit Blick auf die Brandeinwirkung kritische Fassadenbegrünung simulieren, die zwar nicht über größere Mengen an Totholz verfügte, aber auch nicht regelmäßig zurückgeschnitten wurde.

Der mittelmaßstäbliche Versuchsaufbau ist in diesem Fall repräsentativ, da die Pflanzenmasse und -anordnung die eigentlich mögliche flächenbezogene Brandleistung bzw. maximale Wärmefreisetzung der Begrünung bestimmen und nicht die Größe des Versuchsstandes oder die Größe der Brandeinwirkung (Engel 2023).

Bei beiden Versuchen mit angeordneter Begrünung stellte sich weder während der Versuchsdurchführung noch im Rahmen der anknüpfenden Beobachtungszeit ein selbständiger Brand auf der Holzschalung oberhalb der Brandsperre ein (Engel 2023). Dies lässt sich am besten visuell an den Holzschalungen nach Beendigung der Brandversuche beurteilen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass ein Abbrand der Begrünung im Rahmen der Versuche (Engel 2023) nicht zu einer Entzündung der dahinterliegenden Holzfassade führte. Voraussetzungen hierfür sind ein Mindestabstand von 110 mm zwischen Rankgitter und Holzschalung und eine regelmäßige Pflege und Wartung der Begrünung, bei der Totholz entfernt wird.

1.6 Abschließende Großbrandversuche

Die abschließenden Großbrandversuche dienen zum Beleg der innerhalb des Forschungsvorhabens FireSafeGreen gewonnenen Erkenntnisse und als Grundlage zum Nachweis der brandschutztechnischen Schutzziele.

Der Schwerpunkt der Untersuchung lag auf der Bewertung der Brandausbreitung über die Fassadenbegrünung

unter einer repräsentativen Brandeinwirkung. Darüber hinaus wurde untersucht, welchen Einfluss ein kurzzeitiger Wärmestrom auf die Außenwand, Fenster, Balkone, Dachüberstände und die dahinter liegenden Bereiche hat und welches Risiko damit verbunden ist. Besonders Augenmerk lag auf dem Einfluss von lebenden und abgestorbenen (trockenen) Pflanzen auf die Brandausbreitung und das Brandverhalten an der Fassade. Eine konkrete Frage ist zum Beispiel, ob der Wärmestrom einer trockenen grünen Fassade (worst case) ausreicht, um bei offenstehendem Fenster die Einrichtung direkt an der Öffnung innerhalb der Nutzungseinheit zu entzünden. Darüber hinaus soll insbesondere die vertikale Brandausbreitung genauer bewertet werden.

Für die Versuche wurden insgesamt acht Brandversuche in drei unterschiedlichen Versuchsreihen durchgeführt. Diese drei Versuchsreihen umfassten eine flächige Anordnung vor einer Außenwand, eine Anordnung mit Balkonen mit flächiger zentraler Brandeinwirkung sowie eine Anordnung mit Balkonen und einer Brandeinwirkung im Inneneck. Für jede Versuchsreihe wurde ein Referenzversuch ohne Begrünung (Pflanzen) durchgeführt, um den Einfluss der Begrünung genauer zu quantifizieren und die Ergebnisse zu validieren. In den Versuchsreihen wurde zusätzlich jeweils ein Versuch mit vitaler und einer mit getrockneter (toter) Begrünung durchgeführt (Abbildung 5 und Tabelle 1).

Tabelle 1: Übersicht über die durchgeführten Versuche mit zugehöriger Brandlast

Versuch	Versuchsbeschreibung	Brandlast*
V0	Flächiger Versuch ohne Pflanzen (Referenzversuch)	4 × 35 kg (140 kg)
V1	Flächiger Versuch mit Pflanzen – vital	
V2	Flächiger Versuch mit Pflanzen – trocken	
V3	Balkonversuch ohne Pflanzen – Fläche (Referenzversuch)	3 × 35 kg (105 kg)
V4	Balkonversuch ohne Pflanzen – Ecke (Referenzversuch)	1 × 35 kg
V5	Balkonversuch mit Pflanzen – Fläche vital	3 × 35 kg (105 kg)
V6	Balkonversuch mit Pflanzen – Ecke vital	1 × 35 kg
V7	Balkonversuch mit Pflanzen – Fläche trocken	3 × 35 kg (105 kg)

* Holzkrippen aus gehobeltem Nadel-schnittholz in Stäben mit Grundfläche von 500 mm × 500 mm mit kreuzweiser Anordnung (Verhältnis Holz:Luft = 1:1)

Als Begrünungen wurden am Rankgitter des Versuchsaufbaus *Hedera helix* mit einer Pflanzendichte (vital) von ca. 1,85 kg/m² (linke Seite, Abbildung 5) und *Euonymus fortunei* mit einer Pflanzendichte (vital) von ca. 2,55 kg/m² (rechte Seite, Abbildung 5) angeordnet.



Abb. 5: (v. l. n. r.): Flächiger Versuch mit vitaler Begrünung (V1); Flächiger Versuch mit getrockneter (toter) Begrünung (V2); Balkonversuch mit zentraler Brandeinwirkung und vitaler Begrünung (V3); Balkonversuch mit Brandeinwirkung in der Ecke und vitaler Begrünung (V4); Balkonversuch mit zentraler Brandeinwirkung und getrockneter (toter) Begrünung (V5), Foto: Thomas Engel

Abbildung 5 zeigt alle fünf Großbrandversuche mit Begrünung, v. l. n. r. den flächigen Versuch mit vitaler Begrünung (V1), den flächigen Versuch mit getrockneter (toter) Begrünung (V2), den Balkonversuch mit zentraler Brandeinwirkung und vitaler Begrünung (V3), Balkonversuch mit Brandeinwirkung in der Ecke und vitaler Begrünung (V4), den Balkonversuch mit zentraler Brandeinwirkung und getrockneter (toter) Begrünung (V5).

Bei den Brandversuchen mit Pflanzen, unabhängig von der Pflanzenart (*Hedera helix* bzw. *Euonymus fortunei*) und deren Feuchtegehalt, kam es zu einer vertikalen Brandausbreitung in Form von „Strohfeuern“. Dabei beeinflusste der Feuchtegehalt deren Intensität wesentlich. Die Beobachtungen von Engel/Werther (2024) konnten somit auch im großmaßstäblichen Versuch bestätigt werden. Bei vitaler Begrünung direkt vor einer Außenwand konnte ein Abbrand der begrünten Fassade im Verhältnis des ca. 2,5-fachen der eigentlichen Primärflamme (Holzkrippen) festgestellt werden. Bei einer offenen Anordnung vor einem Balkon (Außenwand weiter entfernt) betrug der Faktor ca. 1,5. Generell konnte ein Selbstverlöschender der Begrünung beobachtet werden. Die detaillierte Versuchsauswertung kann Engel/Kahler (2024) entnommen werden.

1.7 Fazit und Ausblick

Für die brandschutztechnische Bewertung von begrünten Fassaden gibt es aktuell nur wenige Bewertungsgrundlagen. Mittelmaßstäbliche Brandversuche im Rahmen dieses Forschungsvorhabens zeigten: Haupt-

einflussfaktor auf das Brandverhalten von Pflanzen ist der Feuchtegehalt. Die Pflanzenart selbst spielt eine untergeordnete Rolle in Bezug auf das Brandverhalten und ist nach diesen Erkenntnissen – zumindest für die untersuchten Varianten – zu vernachlässigen. Auch der direkte Vergleich von jungen und alten Pflanzen sowie der Vergleich eines jahreszeitlichen Einflusses von Sommer und Winter zeigte keinen signifikanten Unterschied bei vitalen, gepflegten Pflanzen. Im Verlauf von Bränden an begrünten Fassaden kommt es zu kurzen Wärmefreisetzungsspitzen. Diese Spitzen werden als „Strohfeuer“ bezeichnet. Sie entstehen, wenn Teile der Pflanzen durch die Brandeinwirkung austrocknen und sich dann schlagartig entzünden. Bei vitalen, gepflegten Pflanzen tritt eine horizontale Brandausbreitung nur in sehr geringem Umfang auf. Weiter verhalten sich vitale begrünte Fassaden nach Ende der Primärbrandeinwirkung selbstverlöschend (Engel 2023; Engel/Werther 2024).

Für eine Kombination aus Holz- und begrünter Fassade lässt sich festhalten, dass ein Abbrand der Begrünung nicht zu einer Entzündung der dahinterliegenden Holzfassade führt. Voraussetzung ist ein Mindestabstand zwischen Rankgitter und Holzschalung und eine regelmäßige Pflege und Wartung der Begrünung (Engel 2023).

Auch in Bezug auf die abschließenden Großversuche zeigte sich, dass die angemessene Pflege und Wartung für brandsichere begrünte Fassade die entscheidende Einflussgröße sind. Die Erkenntnisse aus dem Forschungsvorhaben ermöglichen folgende grundsätzliche Schlussfolgerungen zur brandschutztechnischen Anwendbarkeit von Grünfassaden:

→ „Living Walls“ bzw. wandgebundene Systeme können sich aus brandschutztechnischer Sicht kritisch verhalten. Hier sind großmaßstäbliche Brandversuche und mittelfristig entsprechende Anwendbarkeitsnachweise notwendig. Aktuell ist es wichtig, genau zu prüfen, welche Nachweise vorgelegt werden.

- Kletterpflanzen an nichtbrennbaren Rankhilfen lassen sich allgemeingültig bewerten und stellen aus brandschutztechnischer Sicht ein geringeres Risiko dar.
- Die entscheidende Einflussgröße für eine brandsichere Grünfassade ist die Pflege und Wartung. Diese korrekte, regelmäßige Pflege und Wartung lassen sich mit Verweis auf DIN 18919:2016-12 und FLL Richtlinie (Mahabadi et al. 2018) definieren. Notwendig sind bei Standardgrünfassaden in der Regel ein Pflegegang pro Jahr.
- Zu Bauteilen aus brennbaren Baustoffen, wie horizontal auskragenden Dachstühlen aus Holz (brennbare Baustoffe), sollte ein Abstand von 500 mm eingehalten werden.
- Werden Kletterpflanzen über mehrere Geschosse hinweg an nicht brennbaren Rankhilfen vor Balkonen angeordnet, sollten geschlossene Brüstungen aus nicht brennbaren Baustoffen vorgesehen werden.
- Zwischen einer Holzfassade und einer grünen Fassade sollte ein Abstand von mindestens 150 mm gewahrt werden oder mindestens 50 mm zusätzlich zur Tiefe der auskragenden Brandsperre.



Oben: Wandgebundenes Begrünungssystem (Stadtverwaltung Venlo Niederlande), Foto: Bundesverband GebäudeGrün

Links: Bodengebundener Bewuchs an Kletterhilfen (Swiss Re Bürogebäude München), Foto: Bundesverband GebäudeGrün

Nutzen für die Praxis

Eine wesentliche gesellschaftliche Herausforderung unserer Zeit ist die Bekämpfung des Klimawandels und damit einhergehend der Vollzug der Energiewende. Überlegungen zu einer nachhaltigen Entwicklung führen schnell auf den Bausektor. Neben dem Bausektor spielt auch der Umgang mit der Urbanisierung eine wichtige Rolle für eine nachhaltige Entwicklung. Obwohl Städte nur 2 % der globalen Landfläche einnehmen, lebt mehr als die Hälfte der Weltbevölkerung in Städten. Drei Viertel der europäischen Bevölkerung leben in Ballungsräumen und dieser Anteil wird voraussichtlich noch stark zunehmen (United Nations Department of Economic and Social Affairs 2019). Der daraus resultierende Bedarf an einer nachhaltigen Stadtentwicklung erfordert ein ausreichendes Angebot an Grün- und Erholungsflächen. Der zunehmende Mangel an bezahlbarem Wohnraum und die damit einhergehende Nachverdichtung stehen jedoch der Schaffung neuer öffentlicher Grünflächen oft entgegen und fordern die Stadtplanung entsprechend heraus. Der Wärmeinsel-Effekt (Urban heat island) erschwert eine nachhaltige Urbanisierung weiter: Die Speicherung von Sonnenwärme in der Bausubstanz und Bodenoberfläche, die Behinderung und Wiederabsorption der nächtlichen langwelligen Strahlung durch Gebäude, die den Himmel verdecken, sowie die Wärmeabstrahlung durch menschliche Aktivitäten wie Verkehr, Heizung und Klimaanlage sorgen dafür, dass städtische Insel mit einem deutlich wärmeren Klima aufwarten als die umliegenden ländlichen Gebiete (Parker 2010). Um der stetig wachsenden Versiegelung im urbanen Raum entgegenzuwirken, ist es notwendig, die vorhandenen und entstehenden Gebäudeflächen für eine nachhaltige Nutzung heranzuziehen. Eine Lösung ist die Begrünung der zahlreichen horizontalen und vertikalen Flächen. Sie verbessern beispielsweise die Luftqualität und die thermische Leistung des Gebäudes, verringern den Wärmeinseleffekt, reduzieren Lärm durch Absorption und stellen zusätzlichen Sauerstoff bereit (Alexandri/Jones 2008; Perini et al. 2011).

Die Brandausbreitung entlang der Fassade stellt jedoch grundsätzlich weltweit eines der kritischsten Brandszenarien dar. Wie katastrophal die Brandausbreitung über die Fassade von Geschoss zu Geschoss sein kann, zeigen Beispiele aus der jüngsten Vergangenheit wie der Brand des Grenfell Towers 2017 in London, der Brand des Torre dei Moro in Mailand 2021 und der Brand im Stadtviertel Campanar in Valencia Anfang 2024. Fassa-

denbrandschutz ist folglich ein Schlüsselthema für die Brandsicherheit von Gebäuden weltweit. Umso wichtiger ist es, zu untersuchen, welchen Einfluss der Einsatz brennbarer begrünter Fassaden auf die Brandweiterleitung entlang der Fassade hat.

Das Ziel dieses Forschungsvorhabens war es, das Brandverhalten von begrünten Fassaden zu untersuchen und aus den Ergebnissen konkrete Vorschläge für brandschutztechnisch sichere Konstruktionen abzuleiten.

Die im Rahmen dieses Forschungsvorhabens auf Basis experimenteller Untersuchungen erarbeiteten brandschutztechnischen Prinzipien für eine sichere Konstruktion stellen den größten Nutzen für die Praxis dar.

Ein zentraler Baustein des Forschungsvorhabens war darüber hinaus der „projektbegleitende Ausschuss“, der sich aus Vertreterinnen und Vertretern von Bauaufsichtsbehörden, Brandschutzdienststellen beziehungsweise Feuerwehren, Fachplanenden sowie Praxisvertreterinnen und -vertretern des Bundesverbands GebäudeGrün e. V. zusammensetzte. Die im Rahmen des Forschungsvorhabens gewonnenen Erkenntnisse wurden den Mitgliedern des projektbegleitenden Ausschusses regelmäßig vorgestellt und gemeinschaftlich diskutiert. Die interdisziplinäre Zusammensetzung des Ausschusses garantierte eine konsequente Betrachtung aller fachspezifisch maßgebenden Anforderungen und ermöglichte eine partnerschaftlich fachliche Diskussion über die gewonnenen Ergebnisse. Weiter wurde damit die Basis für eine zeitnahe bauordnungsrechtliche Umsetzung gebildet.

Konkreter Nutzen für die Praxis

1. Standardisierung von Brandschutzanforderungen:

- Die Forschungsergebnisse liefern konstruktive Prinzipien für die Umsetzung von brandschutztechnisch sicheren begrünten Fassaden. Dies gilt insbesondere für Kletterpflanzen auf nichtbrennbaren Rankhilfen. Zukünftige Entwürfe werden durch diese Prinzipien ermöglicht und der Planungsprozesse beschleunigt und vereinfacht.

- Die Festlegung von Mindestabständen zu brennbaren Bauteilen (beispielsweise 50 cm zu Dachstühlen aus Holz) und die Anforderungen an Rankgitter (beispielsweise mind. 11 cm Abstand zur Holzfassade) bieten die konkrete Grundlage für zukünftige Richtlinien, die in Bauvorschriften einfließen können.

2. Erleichterung der Planungsleistung und der Genehmigungsverfahren:

- Die Erkenntnisse zum Selbstverlöschen vitaler Pflanzen und die geringe horizontale Brandausbreitung reduzieren den Planungsaufwand und die Anforderungen an Brandschutzgutachten für Standardkletterpflanzen an nichtbrennbaren Rankhilfen. Diese können so leichter in Bauvorhaben integriert werden, ohne dass zusätzliche Brandversuche notwendig sind.
- Die Forschungserkenntnisse beschränken sich zwar grundsätzlich erstmal auf Gebäude unterhalb der Hochhausgrenze. Sie liefern jedoch auch eine Grundlage für die Erstellung spezifischer Brandschutzkonzepte für komplexe Gebäude und Sonderbauten, wie beispielsweise Hochhäuser. Die Grundlagen können für individuelle Brandschutzkonzepte herangezogen werden.

3. Pflege- & Wartungsanforderungen:

- Der Feuchtigkeitsgehalt der Pflanzen als Hauptfaktor für das Brandverhalten unterstreicht die Bedeutung von regelmäßiger Pflege. Unter Berücksichtigung bereits existierender Richtlinien wie beispielsweise DIN 18919:2016-12 und FLL-Richtlinie (Mahabadi et al. 2018) lässt sich der Pflegeaufwand auch für die brandschutztechnischen Belange standardisieren und den Bauherren klar kommunizieren. Dies vereinfacht auch die Pflegeplanung.
- Darüber hinaus stellen die Ergebnisse die Grundlage für zukünftige Regelungen der Bauaufsicht nach ausreichender Pflege und Wartung für langfristig brandschutztechnisch sichere Grünfassaden dar.
- Durch die Bedeutung der Pflege als entscheidenden Faktor für die Brandsicherheit ergibt sich die erhöhte Nachfrage nach einem Serviceangebot für die regelmäßige Pflege von begrünten Fassaden. Dies könnten zukünftig weitere Fachfirmen übernehmen, die die Einhaltung der einschlägigen Pflegeanforderungen garantieren.

4. Entwicklung von Brandschutzrichtlinien für „Living Walls“:

- Die Forschung zeigt, dass wandgebundene Systeme („Living Walls“) brandschutztechnisch kritischer zu betrachten und im Einzelverfahren nachzuweisen sind. Dies eröffnet die Möglichkeit, spezifische Brandschutzanforderungen und Anwendbarkeitsnachweise zu entwickeln.

5. Weiterbildung und Schulung:

- Da Pflege und Wahl der Rankhilfen einen großen Einfluss auf die Brandsicherheit haben, können Bildungsanbieter mit Blick auf die Ergebnisse dieses Vorhabens Schulungen für ausführende Planerinnen und Planer und Gebäudeverantwortliche beziehungsweise Facility-Managerinnen und -Manager zu brandschutzgerechter Fassadenbegrünung anbieten. Dies kann zur Sensibilisierung und Etablierung eines Standards beitragen, der langfristig die Sicherheit von begrünten Fassaden erhöht.

Die Verwertung der Forschungsergebnisse erfolgt über wissenschaftliche Artikel, Handbücher für die Praxis, Informationsbroschüren, Videos und Leitfäden. Ein großer Teil der Wissensdissemination erfolgte bereits während der Projektlaufzeit. Weiter ist über das Einbeziehen des projektbegleitenden Ausschusses eine direkte Anwendung in der Praxis garantiert.

Methodik und Projektverlauf

Methodik

Im Rahmen des Forschungsvorhabens zur brandschutztechnischen Bewertung von begrünten Fassaden wurde eine empirische Untersuchungsmethode gewählt, die sowohl mittelmaßstäbliche als auch großmaßstäbliche Brandversuche umfasste. Ziel war es, spezifische Einflüsse auf das Brandverhalten zu identifizieren und die Wirksamkeit bestehender Brandschutzmaßnahmen zu bewerten.

Im ersten Schritt wurden mittelmaßstäbliche Brandversuche durchgeführt, um die relevanten Einflussfaktoren wie Pflanzenart, Feuchtigkeitsgehalt und Alter der Pflanzen zu untersuchen (Abbildung 6). Parallel wurde auch die saisonale Variabilität berücksichtigt, indem sowohl Sommer- als auch Winterbedingungen simuliert wurden, um die Temperatur- und Feuchtigkeitsunterschiede sowie ihre potenziellen Effekte auf das Brandverhalten der Pflanzen zu untersuchen. Hierbei wurden verschiedene Arten von Fassadenbegrünungen untersucht, darunter insbesondere klassische Kletterpflanzen, die an nicht brennbaren Rankhilfen befestigt sind.

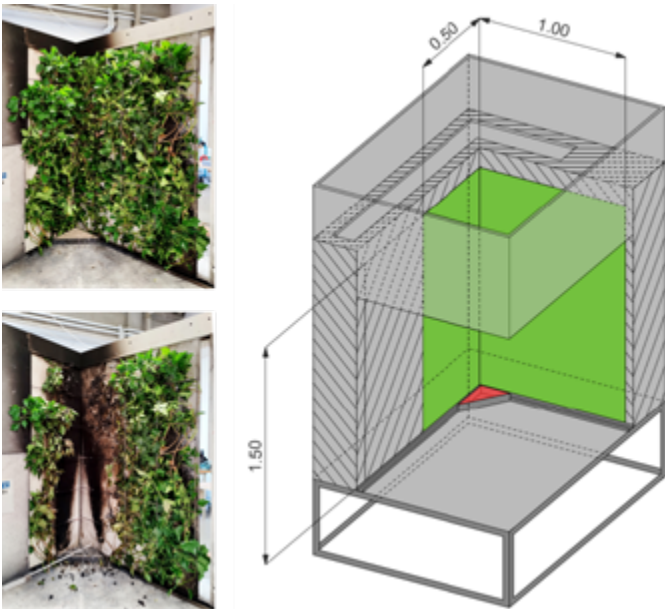


Abb. 6: Darstellung des SBI-Prüfstands und des Bereichs für die Pflanzenproben (grün) zusätzlich mit je einen Foto vor und nach dem Versuch, Foto und Quelle: Thomas Engel

Im Rahmen der Brandversuche wurden unter anderem die Wärmefreisetzungsraten und der Ausmaß der Brandausbreitung an den Grünfassaden erfasst. Ziel dieser

mittelmaßstäblichen Versuche war es, die individuelle Rolle der Pflanzen zu untersuchen. Zusätzlich wurden Brandversuche durchgeführt, die das Zusammenspiel von begrünten Fassaden mit anderen Materialien, wie insbesondere die Kombination mit Holzfassaden, gezielt untersuchen, um die Anwendbarkeit solcher Fassadenkombinationen in der Praxis zu bewerten.

Aufbauend auf den mittelmaßstäblichen Tests wurden abschließende großmaßstäbliche Brandversuche unter realistischen Bedingungen durchgeführt. Diese großmaßstäblichen Fassadenbrandversuche dienten als Beleg der innerhalb des Forschungsvorhabens gewonnenen Ergebnisse unter Realbedingungen. Die großmaßstäblichen Versuche waren dabei insbesondere speziell auf die Quantifizierung der vertikalen Brandausbreitung entlang der Grünfassade fokussiert. Abschließend wurden auf Basis der Versuchsdaten Empfehlungen für die Praxis abgeleitet, die eine ausreichend brandsichere Ausgestaltung und Pflege von begrünten Fassaden ermöglichen.

Projektverlauf

Der Projektverlauf gliederte sich in fünf aufeinander aufbauende Phasen, die von der theoretischen Vorbereitung bis zur Ergebnisvalidierung und Schlussfolgerung reichten.

In der ersten Projektphase fand eine umfassende Grundlagenrecherche statt, die das Ziel verfolgte, vorhandene Erkenntnisse zu brandschutztechnischen Eigenschaften von begrünten Fassaden zu sammeln und bestehende Richtlinien auf deren Anwendbarkeit für verschiedene Fassadenbegrünungssysteme zu prüfen. Hier standen insbesondere Ergebnisse aus der Waldbrandforschung und deren mögliche Adaptierbarkeit für Grünfassaden im Fokus. Auf Grundlage dieser Analyse wurden Versuchsanordnungen entwickelt und konkrete Untersuchungsparameter definiert. Weiter wurde im Rahmen dieser Grundlagenbetrachtung der Fokus des gesamten Forschungsvorhabens auf Kletterpflanzen an Rankhilfen gelegt, da nur diese über das Potenzial für eine grundlegenden und produktneutrale Betrachtung anhand von Prinzipien boten. „Living Walls“ sind hingegen komplexe Fassadensysteme, die sich von Hersteller zu Hersteller erheblich unterscheiden und sich nur durch großmaß-

stäbliche Brandversuche am jeweiligen Gesamtsystem produktspezifisch zielführend untersuchen lassen.

Die zweite Phase konzentrierte sich auf die praktischen Brandversuche. Hierzu wurden zunächst mittelmaßstäbliche Brandversuche durchgeführt, um zentrale Einflussgrößen wie Feuchtigkeitsgehalt, Pflegezustand und Jahreszeit zu untersuchen (Abbildung 6). Diese Versuche wurden unter standardisierten Laborbedingungen durchgeführt, wobei die Pflanzen in unterschiedlichen Pflegezuständen, von frischen bis hin zu getrockneten Varianten, untersucht und die entstehende Wärmefreisetzung sowie die Brandausbreitung dokumentiert wurden. Die dabei festgestellten „Strohfeuer“ als kurzzeitige Entzündungen von getrockneten Pflanzenteilen und die Selbstverlöschung vitaler Pflanzen lieferten entscheidende Erkenntnisse zum Brandverhalten von begrünten Fassaden.

In der dritten Phase erfolgten Brandversuche, die das Verhalten vollständig begrünter Fassaden unter realistischen Bedingungen simulierten. Die Versuche umfassten Tests Kletterpflanzen auf nichtbrennbaren Rankhilfen sowie Kombinationen aus Grün- und Holzfassaden. Ein besonderes Augenmerk lag hierbei auf der Horizontal- und Vertikalbrandausbreitung und der potenziellen Entzündung angrenzender Bauteile, insbesondere von Holzfassaden. Die Ergebnisse dieser Phase wurden abschließend ausgewertet und in praxistaugliche Empfehlungen überführt.

In der vierten Phase wurden Großbrandversuche als Validierung der bisherigen Forschungserkenntnisse durchgeführt. Sie dienten dazu, die brandschutztechnischen Schutzziele unter ganz realen Bedingungen zu bestä-

tigen. Besonders im Blickpunkt stand die Wirkung der Wärmestromdichte auf benachbarte Bauteile wie Außenwände, Fenster, Balkone und Dachüberstände. Die Untersuchungen zielten darauf ab, Unterschiede im Brandverhalten zwischen vitaler und trockener (abgestorbener) Begrünung zu verstehen, insbesondere in Bezug auf die vertikale Brandausbreitung und das Risiko einer Entzündung angrenzender Teile von Nutzungseinheiten.

Die Versuchsanordnung umfasste zwei unterschiedliche Szenarien: Auf der einen Seite flächige Grünfassaden direkt an einer Außenwand und auf der anderen Seite Grünfassaden an einer Balkonkonstruktion. Insgesamt wurden acht Einzelversuche durchgeführt, darunter je ein Referenzversuch ohne Begrünung zur Quantifizierung der Begrünungseinflüsse. Die Versuchsreihen umfassten sowohl vitale als auch trockene Begrünungen, um den Einfluss des Feuchtigkeitsgehalts auf das Brandverhalten zu erfassen. Die Ergebnisse liefern wertvolle Erkenntnisse für die brandschutztechnische Planung von begrünten Fassaden, insbesondere zu den Selbstverlöschungsfähigkeiten vitaler Bepflanzungen und den besonderen Risiken durch vertikale Brandausbreitung bei trockenen Pflanzen.

Die Abschlussphase bestand in der Analyse und Aufbereitung der Ergebnisse für die praktische Anwendung in der Planung und die Erarbeitung von brandschutztechnischen Prinzipien für einen ausreichend brandsichere Anwendbarkeit von Kletterpflanzen an nichtbrennbaren Rankhilfen.

Literatur

Alexandri, E.; Jones, P., 2008: Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates. *Building and Environment* 43 (4): 480–493. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.10.055>

Bielawski, J.; Papis, B. K.; Krajewski, G.; Węgrzyński, W., 2024: An exploratory investigation into moisture content and wind impact on the fire behaviour of modular living walls. *Fire Safety Journal* 142. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2023.104024>

DIN 4102-20:2017-10: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 20: Ergänzender Nachweis für die Beurteilung des Brandverhaltens von Außenwandbekleidungen.

DIN 18919:2016-12: Vegetationstechnik im Landschaftsbau – Instandhaltungsleistungen für die Entwicklung und Unterhaltung von Vegetation (Entwicklungs- und Unterhaltungspflege); Dezember 2016.

EN 13823:2020-09: Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten – Thermische Beanspruchung durch einen einzelnen brennenden Gegenstand für Bauprodukte mit Ausnahme von Bodenbelägen.

Engel, T., 2023: Brandschutz für biogene Fassaden – Experimentelle Untersuchungen als Grundlage brandschutztechnischer Prinzipien (Dissertation). München. Zugriff: <https://mediatum.ub.tum.de/?id=1715368> [abgerufen am 18.11.2024].

Engel, T.; Kahler, J., 2024: Fire Safety for Green Façades: Part 2: Full-Scale Façade Fire Tests and Means for Fire-Safe Green Façade Design for Climbing Plants on Trellises. *Fire Technology*. Unveröffentlichtes Dokument.

Engel, T.; Werther, N., 2023: Structural Means for Fire-Safe Wooden Façade Design. *Fire Technology* 59: 117–151. <https://doi.org/10.1007/s10694-021-01174-2>

Engel, T.; Werther, N., 2024: Fire Safety for Green Façades: Part 1: Basics, State-of-the-Art Research and Experimental Investigation of Plant Flammability. *Fire Technology*. <https://doi.org/10.1007/s10694-024-01566-0>

Köhler, M.; Ansel, W., 2012: Handbuch Bauwerksbegrünung. Planung – Konstruktion – Ausführung. Köln.

Mahabadi, M.; Althaus, C.; Bartel, Y.-C.; Bott, P.; Brandmeier, T.; Brandwein, T.; Engelen, P.; Golz, F. U.; Henze, M.; Köhler, M.; Köthner, K. B.; Labenda, A.; Laue, H.; Mann, G.; Meyer-Ricks, W.; Pfoser, N.; Preuß, J.; Van Steenis, N.; Zühlke, H., 2018: Fassadenbegrünungsrichtlinien – Richtlinien für die Planung, Bau und Instandhaltung von Fassadenbegrünungen.

MHolzBauRL – Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile und Außenwandbekleidungen in Holzbauweise, 04.09.2024.

ÖNORM B 3800-5:2013: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 5: Brandverhalten von Fassaden – Anforderungen, Prüfungen und Beurteilungen.

Parker, D. E., 2010: Urban heat island effects on estimates of observed climate change. In: *WIREs Clim Change* 1 (1): 123–133. <https://doi.org/10.1002/wcc.21>

Perini, K.; Ottelé, M.; Fraaij, A. L. A.; Haas, E. M.; Raiteri, R., 2011: Vertical greening systems and the effect on air flow and temperature on the building envelope. In: *Building and Environment* 46: 2287–2294. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.05.009>

Pfoser, N., 2018: Vertikale Begrünung. Bauweisen und Planungsgrundlagen zur Begrünung von Wänden und Fassaden mit oder ohne natürlichen Boden-/Bodenwasseranschluss. Stuttgart (Hohenheim).

United Nations Department of Economic and Social Affairs (Hrsg.), 2019: *World Urbanization Prospects. The 2018 Revision*. New York.

Projektbeteiligte

Technische Universität München
TUM School of Engineering and Design
Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter
Dr.-Ing. Thomas Engel (Projektleiter)



Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
Fakultät Landschaftsarchitektur
Pflanzenverwendung
Prof. Dr. Swantje Duthweiler
Max Thiele



Ein zentraler Baustein des Forschungsvorhabens war der „projektbegleitende Ausschuss“, der sich aus Vertreterinnen und Vertretern von Bauaufsichtsbehörden, Brandschutzdienststellen beziehungsweise Feuerwehren, Fachplanenden sowie Praxisvertreterinnen und -vertretern zusammensetzte.



Unser Dank gilt unter anderem der Freien und Hansestadt Hamburg – Amt für Bauordnung und Hochbau, der Freien und Hansestadt Hamburg – Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft – Abteilung Landschaftsplanung und Stadtgrün, der Landeshauptstadt München – Branddirektion, der Stadt Frankfurt am Main – Branddirektion und dem Bundesverband GebäudeGrün e. V. und allen entsandten Praxisvertreterinnen und -vertretern.

Impressum

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

ZUKUNFT BAU
FORSCHUNGSFÖRDERUNG



Dieses Projekt wurde gefördert vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Auftrag des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) aus Mitteln des Innovationsprogramms Zukunft Bau.

Aktenzeichen: 10.08.18.7-21.46
Projektlaufzeit: 07.21 bis 02.24
Bundesmittel in €: 300.335

Zuwendungsempfängende:
Technische Universität München

Über Zukunft Bau

Mit dem Innovationsprogramm Zukunft Bau stärkt das BMWSB gemeinsam mit dem BBSR die Zukunfts- und Innovationsfähigkeit des Bausektors. Die Zukunft Bau Forschungsförderung schafft Vorbilder, die die Machbarkeit von neuen Ideen ausloten und die Baupraxis weiterentwickeln. Gefördert werden Forschungs- und Entwicklungsvorhaben, die einen Gebäudebezug als Schwerpunkt haben und einen substantiellen Beitrag zur Bewältigung aktueller und künftiger Herausforderungen im Baubereich erwarten lassen.

zukunftbau.de

Herausgeber

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)
Deichmanns Aue 31–37
53179 Bonn

Wissenschaftliche Begleitung

Referat WB 3 „Forschung und Innovation im Bauwesen“
Verena Kluth
verena.kluth@bbr.bund.de

Autor

Dr.-Ing. Thomas Engel
Technische Universität München
TUM School of Engineering and Design
Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion
engel@tum.de

Redaktion

Technische Universität München

Stand

November 2024

Grafisches Konzept

www.sans-serif.de

Satz und Barrierefreiheit

www.sans-serif.de
www.satzweiss.com

Bildnachweis

Titelbild: Thomas Engel

Vervielfältigung



Dieses Werk ist lizenziert unter der Creative-Commons-Lizenz Attribution – Share Alike 4.0 (CC BY-SA 4.0). Diese Lizenz erlaubt unter Voraussetzung der Namensnennung des Urhebers und der Weitergabe unter gleichen Bedingungen die Bearbeitung, Vervielfältigung und Verbreitung des Materials in jedem Format oder Medium für beliebige Zwecke, auch kommerziell. Nähere Informationen zu dieser Lizenz finden sich unter: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de/>.

Die Bedingungen der Creative-Commons-Lizenz gelten nur für Originalmaterial. Die Wiederverwendung von Material aus anderen Quellen erfordert ggf. weitere Nutzungsgenehmigungen durch den jeweiligen Rechteinhaber.

Zitierweise

Engel, T., 2024: Brandschutz für Grünfassaden - FireSafeGreen: Untersuchung der brandschutztechnischen Anwendbarkeit von begrünten Fassaden an mehrgeschossigen Gebäuden. Herausgeber: BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung. Zukunft Bau – Forschung KOMPAKT 3/2024. Bonn.
<https://doi.org/10.58007/prfd-ps98>



Bonn 2024
ISSN 2944-067X

Dieses Werk ging aus folgendem Forschungsbericht hervor:

Engel, T.; Kahler, J.; Thiele, M.; Duthweiler, S.; Winter, S., 2024: Schlussbericht zum Forschungsvorhaben FireSafeGreen – Untersuchung der brandschutztechnischen Anwendbarkeit von begrünten Fassaden an mehrgeschossigen Gebäuden. München.

Hier geht es zum kostenfreien Forschungsbericht:

<https://doi.org/10.14459/2024md1759976>

