



# **Studie zum Thema „Brandverhalten von Grünfassaden in großmaßstäblichen Versuchen“**

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

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

## Verfasser:

Dipl.-Ing. Dieter Werner, MSc, Leiter des Bauphysiklabors der MA 39  
Dipl.-Ing. Georg Pommer, Leiter der MA 39  
Durchführung der Brandversuche: Dipl.-HTL-Ing. Kurt Danzinger, MSc  
und Ing. Stephan Pomper

Wien, am 20. Dezember 2018

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Kurzfassung</b> .....	<b>1</b>
1.1	Hintergrund und Problemdefinition.....	1
1.2	Zielsetzung .....	1
1.3	Methodik .....	2
1.4	Ergebnisse.....	2
<b>2</b>	<b>Summary</b> .....	<b>5</b>
2.1	Background and problem definition .....	5
2.2	Objective.....	5
2.3	Methodology .....	6
2.4	Results.....	6
<b>3</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Fassadenbegrünung und Brand</b> .....	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>Typen von Fassadenbegrünungen</b> .....	<b>16</b>
5.1	Fassadengebundene Begrünung .....	16
5.2	Bodengebundene Begrünung .....	17
<b>6</b>	<b>Anforderungen an den Brandschutz bei Fassaden in Österreich</b> .....	<b>19</b>
6.1	Brandszenarien an der Fassade .....	19
6.2	Brandschutztechnische Anforderungen an Fassaden in Österreich .....	21
<b>7</b>	<b>Realbrandversuche</b> .....	<b>22</b>
7.1	Versuchsplan .....	22
7.2	Überblick über kleinmaßstäbliche Versuche.....	22
7.3	Brandszenario nach ÖNORM B 3800-5 .....	24
7.3.1	Allgemeine Betrachtungen.....	24
7.3.2	Versuchsanordnung.....	25
7.4	Großmaßstäbliche Versuche .....	29
7.4.1	Versuch 1 (Efeu ohne Rankhilfe) .....	29
7.4.2	Versuch 2 ( <i>Akebia quinata</i> und <i>Parthenocissus tricuspidata</i> mit metallischer Rankhilfe) .....	34
7.4.3	Versuch 3 ( <i>Hydrangea petiolaris</i> und <i>Wisteria floribunda</i> mit metallischer Rankhilfe, 1 m vertikaler Abstand zur Brandkammer) .....	40
7.4.4	Versuch 4 ( <i>Hydrangea petiolaris</i> und <i>Wisteria floribunda</i> mit metallischer Rankhilfe, 0,6 m vertikaler Abstand zur Brandkammer) .....	45

---

<b>8</b>	<b>Ergebniszusammenfassung .....</b>	<b>51</b>
<b>9</b>	<b>Strategische Handlungsanleitung .....</b>	<b>53</b>
<b>10</b>	<b>Verzeichnisse.....</b>	<b>59</b>
	10.1 Literaturverzeichnis .....	59
	10.2 Abbildungsverzeichnis .....	61
	10.3 Tabellenverzeichnis .....	62

## **1 Kurzfassung**

### **1.1 Hintergrund und Problemdefinition**

Begrünungsmaßnahmen, im speziellen Fassadenbegrünungen, rücken gerade für Großstädte wie Wien immer mehr in den Fokus. Der globale Klimawandel trifft ganz besonders Ballungsräume, da durch das Versiegeln der Flächen (dies wiederum begründet mit steigender Populationsdichte und dem damit verbundenen Flächenbedarf) die Hitzekumulation im städtischen Bereich groß ist.

Die Stadt Wien hat diese Tendenz schon früh erkannt. Seit fast 20 Jahren beschäftigt sich die Wiener Umweltschutzabteilung (MA 22) mit der Thematik Hitze in der Stadt in Form von grundlegenden Studien, strategischen Papieren und einer aktiven Informationsarbeit.

Einigkeit besteht auf breiter Ebene darüber, dass mehr städtische grüne Infrastruktur (z.B. Parks) oder blaue Infrastruktur (z.B. offene Wasserflächen, Bäche) zu einer Verbesserung der Situation führen. Gerade jedoch Frei- und Grünräume stehen durch den steigenden Bedarf von Grund und Boden, durch die Erhaltungskosten und zum Teil auch durch die geringe Akzeptanz gegenüber grüner Infrastruktur unter Druck. Diesem kann größtenteils entgangen werden, wenn bereits bestehende ebenso wie gerade neu geschaffene Gebäude an Dach und Fassade begrünt werden.

Als einer der Hemmschuhe für Fassadenbegrünungen wird oft der Brandschutz genannt, da grundsätzlich angenommen wird, dass Pflanzen brennen und da immer wieder über Brandfälle unter Beteiligung von Fassadenbegrünungen berichtet wird, das Brandverhalten derselben in großmaßstäblichen Versuchsanordnungen jedoch noch weitestgehend unbekannt ist.

### **1.2 Zielsetzung**

Ziel dieser Studie ist es daher, zunächst zu recherchieren, inwieweit das Brandverhalten von Fassadenbegrünungen erforscht ist und in weiterer Folge unterschiedliche, übliche Fassadenbegrünungspflanzen großmaßstäblichen Brandversuchen auszusetzen und deren Verhalten zu beobachten, um im Idealfall eine Pflanzenliste erstellen zu können mit Pflanzen, die beim angenommenen Brandszenario nicht zur Entzündung gebracht werden können und solchen bei denen dies der Fall ist. Auf Basis dieser Einteilung könnten dann in weiterer Folge die entsprechenden Brandschutzmaßnahmen formuliert werden, um die nationalen österreichischen Schutzziele zum Brandschutz bei Fassaden zu erreichen.

Von Anfang an war klar, dass sich diese Studie auf das Brandverhalten von bodengebundenen Fassadenbegrünungen beschränken muss, da die fassadengebundenen Systeme derart vielfältig sind, dass nicht aus einigen wenigen Brandversuchen auf die Gesamtheit der Systeme geschlossen werden kann.

### 1.3 Methodik

Wie zuvor erwähnt, basiert die Arbeit auf einer breiten Literaturrecherche zum Thema, die - wie sich in weiterer Folge zeigen wird - wenig ergiebig war.

Für die großmaßstäblichen Brandversuche wurde ein Brandszenario in Anlehnung an ÖNORM B 3800-5 (Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, Teil 5: Brandverhalten von Fassaden - Anforderungen, Prüfungen und Beurteilungen) 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 dabei eine 25 kg schwere Fichtenholzkrippe verwendet.

Beurteilungskriterien sind dabei

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

Insgesamt wurden vier Großbrandversuche mit unterschiedlichen, jedoch für Fassadenbegrünungen in Wien typischen Pflanzen (*Hedera helix* (Efeu), *Akebia* (Fingerblättrige Akebie), *Hydrangea* (Kletterhortensie), *Parthenocissus* (Wilder Wein), *Wisteria* (Blauregen)) durchgeführt, wobei bei drei dieser Versuche die Pflanzen mechanisch auf einer metallischen Rankhilfe und bei einem der Versuche mechanisch direkt auf dem Prüfstand montiert waren.

### 1.4 Ergebnisse

Es zeigte sich, dass grundsätzlich alle getesteten Pflanzen im Großbrandversuch zu einer vertikalen Brandweiterleitung beitragen, indem sie strohfeuerartig in kurzer Zeit (wenige Sekunden) nach oben hin wegbrennen und zum Teil weiterglimmen (siehe folgende Abbildungen 1-1 und 1-2).



Abbildung 1-1: Efeu am Prüfstand der MA 39 vor der Fassadenbrandprüfung

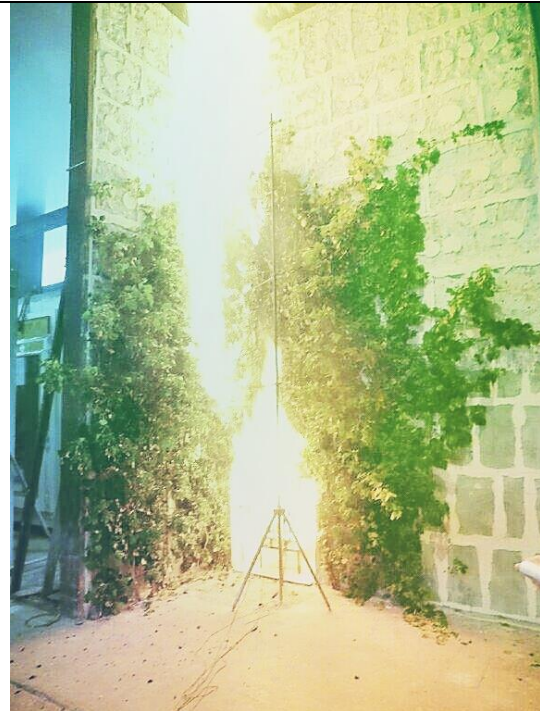


Abbildung 1-2: kurzzeitige vertikale Brandweiterleitung während der Brandprüfung

Prinzipiell ist eine Entzündung der Blätter zu erkennen, ein Mitbrand der verholzten Triebe ist nicht bzw. nur in sehr geringen Ausmaß in der Nähe der Brandkammer, also im Bereich der höchsten Temperaturen von ca. 850 °C bis 900 °C, zu erkennen. Als Ursache dafür wird der Gehalt an ätherischen Ölen in den Blättern vermutet, nachdem bei der Prüfung kein Totholz vorlag.

Werden die Pflanzen mit einem Abstand von 60 cm oberhalb der Brandkammer (= simuliertes Fenster) montiert, so ist der „Strohfeuereffekt“ bereits vermindert, bei einem Abstand von 1,0 m ist keine Entzündung der Fassadenbegrünung zu beobachten, die kritische Temperatur scheint bei ca. 500 °C bis 550 °C zu liegen – das ist jene Temperatur, die bei den Versuchen in genau dieser Höhe 10 cm vor der Fassadenbegrünung gemessen wurde. Eine vertikale Brandweiterleitung war bei keinem der Versuche zu beobachten. Die Sekundärbrandgefahr durch abfallende, brennende Teile war ebenfalls nicht gegeben. Die metallische Rankhilfe trägt in keinem Fall zur Brandweiterleitung bei, sie hält dem Brandszenario stand ohne abzufallen.

Dadurch ergeben sich für künftige Anwendungen von Fassadenbegrünungen folgende richtungsweisende Erkenntnisse:

- Bei Gebäuden bis zur Gebäudeklasse 3 (vgl. 3 Geschoße) sind keine Nachweise hinsichtlich der Brandweiterleitung bzw. spezielle Brandschutzmaßnahmen erforderlich.
- Bei höheren Gebäudeklassen sind nichtbrennbare Rankhilfen (z.B. aus Metall) einzusetzen; es können – je nach verwendeter Pflanzenart - zusätzliche Brandschutzmaßnahmen (z.B. geschoßweise Brandsperrern) notwendig sein. Abstandsregelungen für die Anbringung einer Fassadenbegrünung sind zu formulieren – ein Vorschlag dazu befindet sich am Ende der Langfassung der Studie.
- Bei höheren Gebäudeklassen ist für das verwendete fassadengebundene System (exkl. Pflanzen) ein positiver Prüfbericht nach ÖNORM B 3800-5 bzw. ein passender anderer Nachweis vorzulegen. Die Systeme sind dann entsprechend den positiv geprüften Details aufzubauen.
- Fassadenbegrünungen sind 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.

## 2 Summary

### 2.1 Background and problem definition

Greening measures, in particular facade greening, are becoming increasingly important, especially for large cities such as Vienna. Global climate change is particularly affecting metropolitan areas, as the heat accumulation in the urban area is high due to the sealing of the areas (this in turn is justified by the increasing population density and the associated area requirements).

The city of Vienna recognized this tendency early on. For almost 20 years, the Vienna Department of Environmental Protection (MA 22) has been dealing with the topic of heat in the city in the form of basic studies, strategic papers and active information work.

There is a broad consensus that more urban green infrastructure (such as parks) or blue infrastructure (such as open water, streams) will improve the situation. However, open spaces and green spaces in particular are under pressure due to the increasing demand for land, the maintenance costs and in part also the low acceptance of green infrastructure. This can largely be avoided if already existing as well as just newly created buildings are greened.

Fire protection is often cited as one of the inhibitors of façade greening since it is generally assumed that plants are burning and because fire cases involving façade greening are reported time and again, but the fire behavior of these in large-scale test arrangements is not described in any currently known literature.

### 2.2 Objective

The aim of this study is therefore to first investigate to what extent the fire behavior of façade greenery has been researched and subsequently to expose different, common facade green plants to large-scale fire tests and observe their behavior in order to be able to create a plant list with plants that can not be made to inflame with the assumed fire scenario and those in which this was the case. On the basis of this classification, the corresponding fire protection measures could subsequently be formulated in order to achieve the national Austrian goals for fire protection in facades.



From the beginning it was clear that this study had to limit itself to the fire behavior of ground-based façade greenery, as the façade-bound systems are so diverse that it is not possible to deduce the totality of the systems from a few fire tests.

### 2.3 Methodology

As mentioned earlier, the work is based on a broad literature research on the topic, which - as will be seen later - was not very productive.

For the large-scale fire tests, a fire scenario based on ÖNORM B 3800-5 (Fire Behavior of Building Materials and Components, Part 5: Fire Behavior of Facades - Requirements, Tests and Evaluations) was chosen. The assumed scenario is a complete fire in a room that breaks out of a window and attacks the adjoining facade. For the assessment, the contribution to the spread of flame, which the present façade design (form, building materials, assembly systems, etc.) offers, in addition to the ever-present spread, is used. The fire load is a 25 kg spruce wood crib.

Assessment criteria are included

- the fire propagation along the facade greening and
- the falling off of large and / or burning parts of the facade.

In total, four large-scale fire tests were carried out with different plants (*ivy*, *akebia*, *hydrangea*, *parthenocissus*, *wisteria*) typical for façade greenings in Vienna. In three of these experiments, the plants were mounted mechanically on a metallic climbing aid and in one of the tests mechanically directly on the test stand were.

### 2.4 Results

It was found that basically all tested plants contribute to a vertical fire propagation in the large-scale fire test by burning away in a straw-like manner within a short time (a few seconds) and sometimes continuing to smolder (see the following figures 1-1 and 1-2).



Figure 2-1: Ivy on the test bench of the MA 39 before the facade fire test

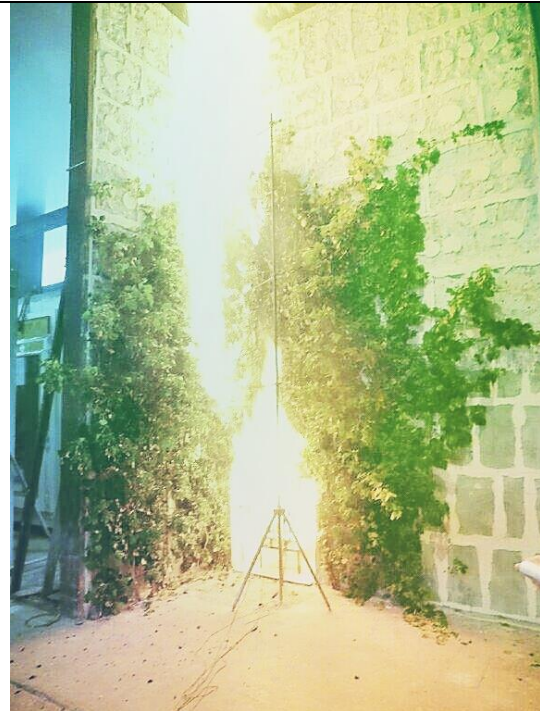


Figure 2-2: short-term vertical fire propagation during the fire test

In principle, a combustion of the leaves can be seen, a combustion of the lignified shoots is not or only to a very small extent in the vicinity of the fire chamber, ie in the range of the highest temperatures of about 850 °C - 900 °C, to recognize. The reason for this is assumed to be the content of essential oils in the leaves after no deadwood was present during the test.

If the plants are mounted at a distance of 60 cm above the fire chamber (= simulated window), the "straw fire effect" is already reduced, at a distance of 1.0 m, no combustion of the facade greening is observed, the critical temperature appears at approx. 500 °C - 550 °C - this is the temperature that was measured in the experiments at this exact height 10 cm in front of the facade greening. Vertical fire propagation was not observed in any of the experiments. The secondary fire hazard due to falling, burning parts was also not given. In any case, the metallic climbing aid does not contribute to the forwarding of fire, it can withstand the fire scenario without falling off.

These results in the following trendsetting insights for future applications of facade greening:

- For buildings up to building class 3 (see 3 storeys), no evidence with regard to fire propagation or special fire protection measures is required.
- For higher building classes, incombustible trellis aids (for example made of metal) should be used; depending on the type of crop used, additional fire protection measures (for example, firing barriers in every storey) may be necessary. Distance regulations for the installation of a facade greening must be formulated - a suggestion is at the end of the long version of the study.
- For higher building classes, a positive test report in accordance with ÖNORM B 3800-5 or other suitable proof must be provided for the façade-bound system used (excluding plants). The systems are then to be set up according to the positively tested details.
- Facade greenery must be maintained in a vital, functional condition (building book, clear regulation of the responsibility for the care and maintenance of the greenery). Necessary care measures must be taken into account in the planning and, if necessary, recorded in the building book.

### 3 Einleitung

Wie schon in der Kurzfassung angedeutet, leiden ganz besonders Städte unter dem globalen Klimawandel. Vergleicht man die in Wien gemessenen Maximaltagestemperaturen in den 5-Jahres-Perioden von 2007-2011 und 2012-2016 miteinander, so zeigt sich ein erheblicher Anstieg der Anzahl der Hitzetage (= Tage, an denen die Maximaltemperatur über 30°C liegt). Waren es im ersten Zeitraum noch 15,4 Hitzetage pro Jahr, so waren es von 2012-2016 bereits 26,4 Hitzetage pro Jahr [1].

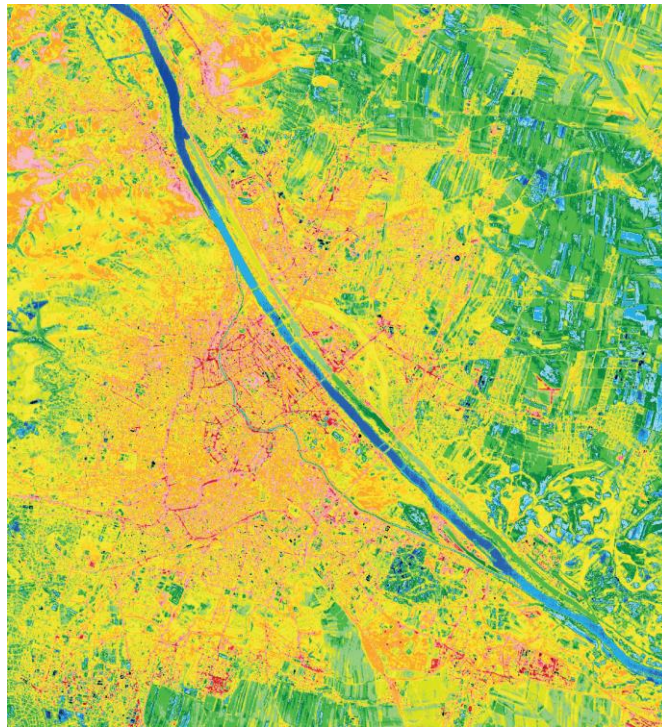


Abbildung 3-1: Abendliches Thermalbild der Stadt Wien und des Umlandes (aus [2])

Modellrechnungen über zukünftige Klimaszenarien zeigen eine Zunahme der mittleren jährlichen Anzahl der Sommertage (= Tage, an denen die Maximaltemperatur über 25°C liegt) in den nächsten Jahrzehnten. Für den Zeitraum 2021-2050 wird im Vergleich zur Referenz-Simulation (1971-2000) meist ein moderater jährlicher Anstieg im Bereich von 0 bis 25 Sommertagen erwartet. Ein möglicher Anstieg von circa 20 bis 50 zusätzlichen Sommertagen pro Jahr wird für den Zeitraum 2071-2100 prophezeit [2].

Dies alles war die Basis für den ersten Urban Heat Island Strategieplan der Stadt Wien [2], der 2015 veröffentlicht wurde.

In diesem sind umfangreiche Maßnahmen und deren Umsetzung zur Reduktion des städtischen Hitzeeffektes definiert. Eine der Maßnahmen aus dem Strategieplan ist, bestehende und neu geschaffene Gebäude zu begrünen, um so das Mikroklima zu verbessern.

Diese Maßnahme umfasst nach [2] sowohl die bodengebundene, nicht bewässerte Gebäudebegrünung als auch die fassadengebundene, bewässerte Variante als flächige Systeme oder mit Pflanzgefäßen an der Fassade. In der unmittelbaren Umgebung der Fassadenbegrünung werden die Gebäudeoberflächen- und die Lufttemperaturen reduziert. Zudem wird das Aufheizen der Gebäude im Sommer vermindert und die Fassadenbegrünungen wirken als „natürliche Klimaanlage“. Begrünungen von z. B. Hauswänden verringern temperaturbedingte Spitzenwerte, da sie wie eine zusätzliche Wärmedämmung wirken und haben auch in der kalten Jahreszeit positive Effekte [2]. Fassadenbegrünung bewirkt somit eine Verbesserung des Mikroklimas und eine geringfügige Verbesserung des Mesoklimas.

Naturbasierte Lösungsansätze können dabei nicht nur Klimawandelfolgen, wie die beschriebenen Hitzewellen und Starkregenereignisse, wirksam bekämpfen, es ergibt sich darüber hinaus ein umfangreiches Zusatzleistungspaket für die Öffentlichkeit:

- Gebäudeschutz:
  - Pflanzen bieten Sonnenschutz und reduzieren dadurch die UV-Strahlung, die häufig eine Ermüdung des Fassadenmaterials verursacht (vgl. [3]).
  - Fassadenbegrünungen verringern Witterungseinflüsse durch Regen und Temperaturschwankungen [4]
  - Fassadenbegrünungen verringern die Windgeschwindigkeiten, da durch die erhöhte Rauigkeit einer Oberfläche die vorbeiströmende Luft verwirbelt wird und eine Verringerung der Luftströmung verursacht [4]
  
- Artenvielfalt
  - Bodengebundene Fassadenbegrünungen erhöhen die Biodiversität in Stadträumen
  - Lebensraum (Fressplatz, Nistplatz, Fangplatz, Witterungsschutz, Paarungsraum) für Vögel, Fledermäuse, Insekten, Spinnen [5] [6]

- Luftverbesserung
  - Entstaubung und Entgiftung von Luft, da die Staub- und Schmutzpartikel an den Blättern und Zweigen haften, von wo aus sie dann durch Regen abgespült werden und in den Boden fließen [7]
  - ca. 4% des jährlichen Staubniederschlags können adsorbiert werden [8]
  
- Schallschutz
  - Absorption, abhängig von Dichtheit, Blattstellung, Größe und Dicke der Blätter ([6]).
  - Minderung von Echoeffekten z.B. in Innenhöfen
  - Schallreduzierung durch bodengebundene Systeme ca. 2 – 4 dB
  
- CO<sub>2</sub> Einsparung
  - Anreicherung der Luft mit Sauerstoff (O<sub>2</sub>) bei gleichzeitigem Verbrauch von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)
  - 5m<sup>2</sup> Wandfläche mit einer bodengebundenen Fassadenbegrünung, würden genauso viel Sauerstoff am Tag produzieren, wie ein Mensch in der gleichen Zeit verbraucht [7]
  
- Förderung der sozialen Nachhaltigkeit
  - psychologische und gesundheitliche Wirkung von begrünten Fassaden ist schwierig zu quantifizieren, allgemeine Wirkung von Grünräumen beruhigend [9]
  - Menschen haben erleichterten Zugang zur Natur, Verhinderung des „Sick Building Syndroms“ verhindern [3]

Auf der anderen Seite werden in der einschlägigen Literatur folgende Problemfelder in Zusammenhang mit Fassadenbegrünungen genannt [6]:

- Feuchteschäden
  - Durchfeuchtung der Bausubstanz
  - Pilz- und Schimmelbefall
  - Kondensatbildung in der Dämmebene
  
- Mechanische Schäden
  - Unterwanderung von Außenbeschichtungen
  - Verstärkung von Rissen
  - Fugeneinwuchs und Sprengwirkung

- Putzschäden
- Zerstörung von Bauteilen
- Sonstige Schäden
  - Schäden durch Wuchs-, Schnee-, Eis- und Windlast
  - Einwachsen/Überwachsen
  - Materialverfärbungen
  - **Brandgefahr/Brandweiterleitung**

Darüber hinaus werden die Errichtungs- und vor allem die Erhaltungskosten bei bodengebundenen Begrünungen als mittel, bei fassadengebundenen als hoch eingestuft.

Die Stadt Wien arbeitet dabei laufend an der Verbesserung des Wissensstandes zu Fassadenbegrünungen. Umfangreiche Informationsarbeit, die Einrichtung einer Beratungsstelle bei der „umweltberatung“, die Initiierung einer Förderung für Fassadenbegrünungen und letztlich die Unterstützung von zahlreichen Pilotprojekten bewirken, dass diese Maßnahme auf zunehmend hohe Akzeptanz stößt.

Um ein wirksames Planungsinstrument für die flächendeckende Umsetzung von Fassadenbegrünungen zu schaffen, legt die Stadt Wien den Leitfaden Fassadenbegrünung [10] auf und hat für die Bearbeitung umsetzungsrelevanter Fragestellungen das Projekt Forcierung von Fassadenbegrünungen (Laufzeit bis Mitte 2017) und in Fortsetzung das Projekt Bauwerksbegrünung (Ausweitung von Begrünungsmaßnahmen auf Dach und andere Bauwerke) ins Leben gerufen. Diese Projekte werden von der Magistratsdirektion – Bauten und Technik geleitet, das Kernteam besteht aus einer Vielzahl von magistratsinternen und -externen TeilnehmerInnen. Es hat sich, neben den Inhalten des Leitfadens, auch die Themenbereiche Brandschutz, rechtliche Prozessabläufe, Qualitätssicherung, Pilotprojekte, Kompetenzstelle für Fassadenbegrünungen und Nachhaltigkeit als Bearbeitungsziele gesetzt. Die MA 39 als Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle der Stadt Wien mit eigener Brandversuchshalle bearbeitet in beiden Projekten federführend das Arbeitspaket „Brandschutz“. Daher war es nur logisch und folgerichtig, dass sich die MA 39 im Rahmen dieser Studie mit Brandversuchen an Fassadenbegrünungen beschäftigt.

## 4 Fassadenbegrünung und Brand

In Vorbereitung der Studie wurden zunächst österreichische Brandschutzexpertinnen und –experten informell befragt, inwieweit die Thematik in der Branche bekannt ist. Die Antworten waren durchaus divergierend: praktisch alle meinten, dass der Brandschutz in diesem Bereich wichtig sei, niemand jedoch hatte Daten über Brandversuche an Fassadenbegrünungen vorliegen. Die daher eher intuitive Einschätzung des Brandverhaltens von bodengebundenen Fassadenbegrünungen reichte von „Begrünung trägt nicht zur Brandweiterleitung bei“ bis hin zu „Begrünung benötigt jedenfalls Brandschutzmaßnahmen“.

Ein ähnliches Ergebnis zeigte ein oberflächliches „googeln“ der Begriffe Fassadenbegrünung und Brandschutz. Die tiefergehende Literaturrecherche zeigte, dass weder in Österreich noch in anderen europäischen Ländern ein etwaiges Brandlastpotential der Pflanzen von Fassadenbegrünungen bisher grundlegend thematisiert wurde.

In [10] heißt es dazu: „Aus bisherigen Erkenntnissen der Dachbegrünung kann davon ausgegangen werden, dass bei Extensivbegrünungen am Dach – wie auch an der Fassade – die Brandlast vertrockneter Pflanzenteile in den niedrig und lückig wachsenden Vegetationsbeständen in der Regel gering ist. Bei Beständen mit sukkulenten Pflanzen ist sie noch weiter eingeschränkt. Bei Dachbegrünungen tritt an höheren Gras/Kraut-Beständen ein rasches Abflammen und Verlöschen auf, dass es nach den bisherigen Erfahrungen zu keinem Übergreifen auf Bauteile gekommen ist [11]. Aufgrund von fehlenden Erkenntnissen kann jedoch keine detaillierte Aussage über das Brandverhalten an Fassadenbegrünungssystemen getroffen werden.“

In einem Kurzbericht [12] wurden Brände, bei denen Fassadenbegrünungen eine Rolle gespielt haben, für den Zeitraum 2008 bis 2015 ausgewertet (Datenquelle der zugrunde liegenden Fallsammlung ist Google Alerts). In diesen acht Jahren wurden 54 Brandfälle mit Beteiligung von Fassadenbegrünung registriert, also etwa ein Brand pro zwei Monate. Auffällig ist, dass nach Abbildung 4-1 häufig Efeubegrünungen brannten – dies wohl, da Efeu als immergrüne Pflanze mehr trockene Totmasse in sich trägt als sommergrüne Kletterpflanzen, die einen jährlichen Laubabfall aufweisen.



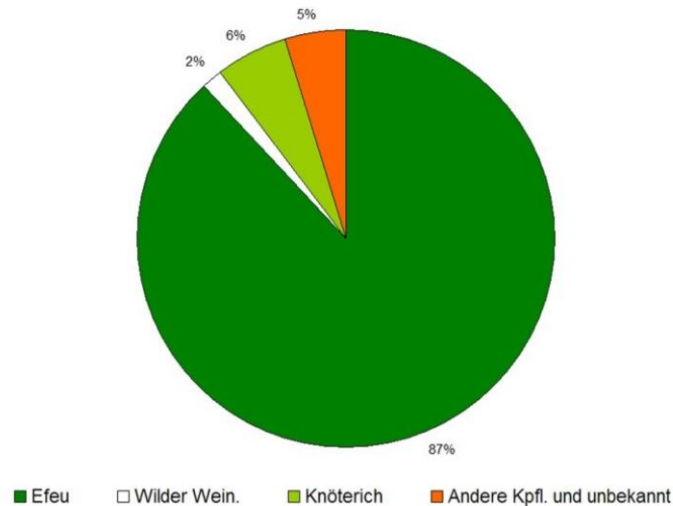


Abbildung 4-1: Brandhäufigkeit von Kletterpflanzen nach Art/Typ [12]

Zudem enthält Efeu ätherische Öle, also leicht verdampfende Extrakte aus Pflanzenteilen. Sie helfen den Pflanzen Schädlinge fernzuhalten, sind aber gleichzeitig leicht brennbare Substanzen mit Flammpunkten von 70 °C bis 100 °C. Wilder Wein - ebenfalls ein Selbstklimmer – ist wahrscheinlich deshalb unauffällig, weil er aufgrund des alljährlichen Laubfalles weniger leicht entzündliche Biomasse hinter seiner grünen Oberfläche als Efeu verbirgt. Dass es in der Statistik kaum Brandfälle mit Gerüstkletterpflanzen gibt, wird damit begründet, dass der Abstandsraum durch (sachgerechte) Kletterhilfen den Laubfall begünstigt. Knöterich dominiert die Fallzahl bei Gerüstkletterpflanzen aufgrund der Häufigkeit seiner Verwendung und seiner ausgeprägten Tendenz zur Bildung toter Trockenmasse vorrangig aufgrund Wucherns bzw. Selbstverschattung.

Nach [12] laufen Brände an Fassadenbegrünungen immer nach folgendem Schema ab: zuerst brennt das trockene Laub, dann Totholz und danach eventuell vorhandene brennbare Kletterhilfe. Das Totholz brennt sehr gut, allerdings ist es in wenigen Sekunden ausgebrannt, was als Strohfeuer-Effekt bezeichnet wird. Es wird im Kurzbericht davon ausgegangen, dass vitale Pflanzenteile nicht entflammbar sind, also bei gepflegten Fassadenbegrünungen nicht von einem Brand ausgegangen werden kann.

Weiters wird kritisiert, dass bisher keine breite Diskussion über den Brandschutz bei Fassadenbegrünungen stattgefunden hat.

Diese erscheint umso wichtiger dadurch, dass sich auch in Österreich Brandfälle finden, bei den Fassadenbegrünungen eine Rolle spielten. Als prominentester Fall ist sicher der Brand im Schloss Ebenzweier, Altmünster, Oberösterreich vom 9. Mai 2016 zu nennen (siehe auch folgende Abbildungen 4-2 und 4-3).



Abbildung 4-2: Brand des Schlosses Ebenzweier [13]



Abbildung 4-3: Brand des Schlosses Ebenzweier [13]

Nach [14] löste eine achtlos weggeworfene Zigarette die Entzündung des eine Säule vor dem Schloss umrankenden Efeus aus, der den Brand in den hölzernen Dachstuhl des Schlosses weiterleitete. Kurze Zeit später stand der Dachstuhl in Vollbrand und konnte erst Tage später vollständig gelöscht werden. Personenschaden entstand glücklicherweise keiner, der finanzielle Schaden ist jedoch hoch und beläuft sich auf ca. 17,5 Millionen Euro.

## 5 Typen von Fassadenbegrünungen

Grundsätzlich unterscheidet man zwischen einer bodengebundenen und einer fassadengebundenen Begrünung.

### 5.1 Fassadengebundene Begrünung

Zweitere umfasst eine Vielzahl von Systemen in Modulform oder in Regalform und stellt fassadentypenmäßig zumeist eine vorgehängte hinterlüftete Fassade dar. Die Systeme bestehen aus einem Pflanzuntergrund, einer Möglichkeit zur Bewässerung und Nährstoffversorgung sowie einer Konstruktion, die sowohl den Pflanzuntergrund als auch die Pflanzen selbst in Position hält (Vegetationsträger). Die Pflanzen selbst sind in einer großen Bandbreite variabel. Nachteil der fassadengebundenen Bepflanzung sind die vergleichsweise hohen Kosten in Errichtung (> 500 €/m<sup>2</sup> laut [10]) und Instandhaltung. Als wohl prominentestes Beispiel einer fassadengebundenen Begrünung in Wien darf das Gebäude der Magistratsabteilung 48 genannt werden.



Abbildung 5-1: Gebäude der MA 48 in Wien 5., Einsiedlergasse [10]

Fassadengebundene Systeme sind sehr komplex was Vegetationsträgeraufbau und –anordnung betrifft.

Sie sind zumeist wie ein Baukastensystem zu verwenden, das ermöglicht den Einbau einer fassadengebundenen Begrünung in Modulen. Diese werden an ein Gerüst angebracht und bilden zusammengesetzt die gesamte Fassadenbegrünung. Die Begrünung kann durchgehend oder teilflächig, z.B. in Trögen erfolgen. Aufgrund der Vielzahl an möglichen Varianten werden in den folgenden brandschutztechnischen Grundlagenversuchen keine derartigen Systeme eingesetzt. Wie deren Konstruktion brandschutztechnisch richtig ausgebildet werden kann, wird im Abschlusskapitel skizziert.

## 5.2 Bodengebundene Begrünung

Bei der bodengebundenen Fassadenbegrünung unterscheidet man zwischen Selbstklimmern, die sich durch Haftwurzeln oder –scheiben selbst an der Fassade verankern und Gerüstklettern, die eine Rankhilfe benötigen. [10] Selbstklimmer haben den Vorteil, dass keine zusätzlichen baulichen Maßnahmen getätigt werden müssen, aber den Nachteil, dass es zu Schädigungen an der Fassade durch das Gewicht der ausgewachsenen Pflanze oder den Haftwurzeln bei Efeu kommen kann. Gerüstkletterpflanzen benötigen ein eigenes Klettersystem (höhere Kosten von ca. 100 €/m<sup>2</sup> bis 200 €/m<sup>2</sup>, aber immer noch geringer als bei fassadengebundenen Systemen), die Wuchsrichtung kann dadurch aber besser geleitet und begrenzt werden. Häufige Kletterpflanzenarten sind der bereits genannte Efeu (*Hedera helix*) und Arten des Wilden Weines (*Parthenocissus*).

Die bodengebundene Fassadenbegrünung ist im natürlich gewachsenen Boden platziert und ermöglicht lediglich eine Begrünung in der Wuchshöhe der verwendeten Kletterpflanze. Eine ausreichend (insbesondere der Wuchshöhe) dimensionierte Pflanzgrube ist herzustellen. Durch die Kletterhilfe ist es möglich, nur bestimmte Flächen zu begrünen und sogar Muster zu realisieren. Es ist auf eine ausreichende Dimensionierung der Kletterhilfe und auf eine ausreichende Anzahl von Ankerpunkten zu achten. Die Kletterhilfe kann sowohl aus Metall, aber auch aus Holz oder Kunststoff bestehen. Starre Konstruktionen werden vor allem für Kletterpflanzen verwendet, die ein starkes Dickenwachstum aufweisen und/oder, die bei Seilkonstruktionen zu einer zu hohen Spannung führen könnten. Dabei ist auch hier auf eine ausreichende Dimensionierung (Durchmesser der Rohre/Stäbe) der Kletterhilfen zu achten. Netzartige Konstruktionen ermöglichen eine flächige Begrünung durch Kletterpflanzen (siehe auch folgende Abbildungen, entnommen aus [10]).



Abbildung 5-2: bodengebundene Fassadenbegrünung mit linearer Kletterhilfe



Abbildung 5-3: bodengebundene Fassadenbegrünung mit flächiger Kletterhilfe

Im Rahmen der Studie werden von großmaßstäblichen Versuchen an einem Selbstklimmer (Efeu) ohne Kletterhilfe und an Begrünungen mit metallischen Kletterhilfen berichtet.

## 6 Anforderungen an den Brandschutz bei Fassaden in Österreich

Um ein adäquates Brandszenario für die großmaßstäblichen Versuche finden zu können, ist es unerlässlich, die Mechanismen eines Fassadenbrandes ebenso zu kennen wie die brandschutztechnischen Anforderungen, die an Fassaden in Österreich gestellt werden.

### 6.1 Brandszenarien an der Fassade

Betrachtet man die möglichen Brandszenarien an Fassaden, so kann prinzipiell zwischen drei möglichen Ursachen für Fassadenbrände unterschieden werden:

- Brand eines Nachbargebäudes führt zu Fassadenbrand (z.B. mittels Funkenflug, Wärmestrahlung)
- Brand vor der Fassade greift auf Fassade über (z.B. brennender Mistkübel, brennendes Kfz)
- Raumbrand greift auf Fassade über (z.B. vollentwickelter Raumbrand nach Durchzündung)

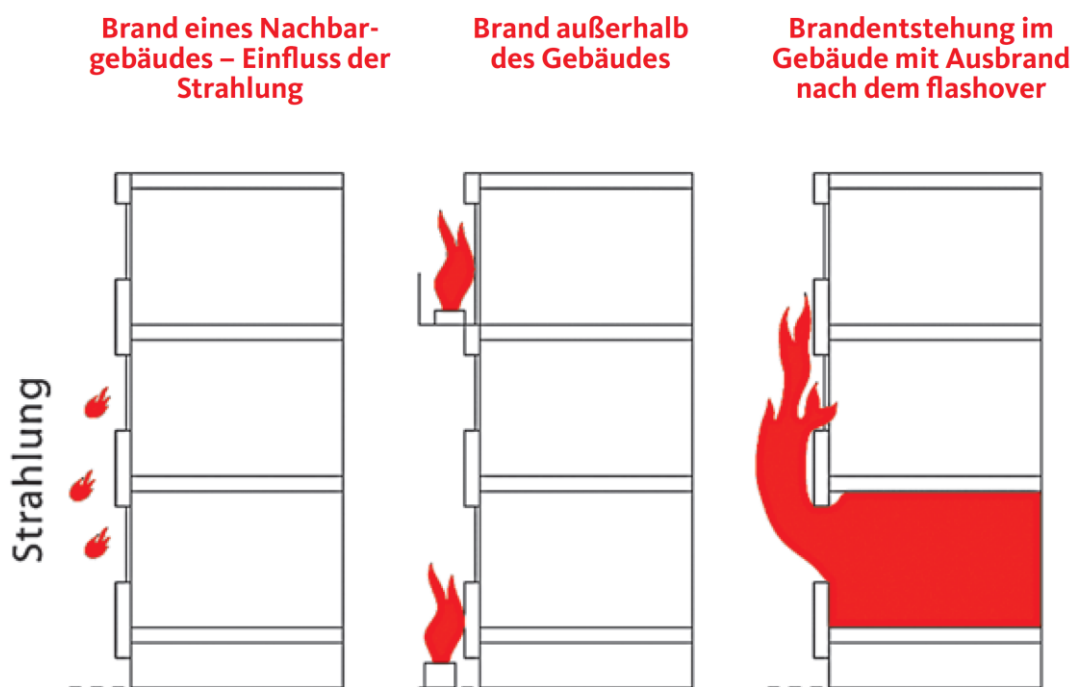


Abbildung 6-1: Brandszenarien an der Fassade [15]

Auswertungen realer Brandereignisse und Naturbrandversuche haben aufgezeigt, dass Brände im Inneren des Gebäudes mit anschließendem Flashover und Ausbrand durch die Fenster die schwerwiegendsten Beanspruchungen für Fassaden darstellen.

Die Flammen können Höhen bis zu 5 m erreichen, wobei die Höhe von der Brandlast im Gebäude sowie der Größe und der Geometrie der Fenster abhängt. Grundsätzlich ragt die Flammenspitze bei üblichen Raumhöhen damit über das darüber liegende Geschoss.

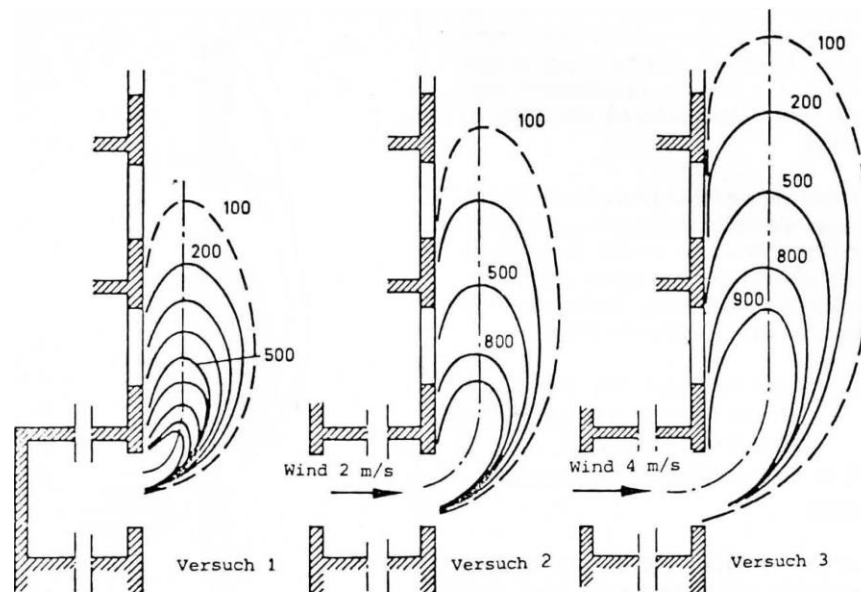


Abbildung 6-2: Isothermenverlauf des Temperaturfeldes bei einem Ausbrand eines Raumbrandes auf die Fassade (ohne und mit Windeinfluss bei vorhandener Querlüftung) [16]

In früheren Naturbrandversuchen hat sich gezeigt, dass die Fassadenkonstruktion, einmal in Brand geraten, zu einer horizontalen und vertikalen Brandweiterleitung in andere Bereiche eines Gebäudes beitragen kann und dadurch auch Brandabschnittsgrenzen überwunden werden können.

Somit leiten sich die beiden folgenden Schutzziele für den Brandschutz an Fassaden ab (egal, welche Ursache der Fassadenbrand hat):

- „wirksame Einschränkung der Brandweiterleitung“ sowie
- „wirksame Einschränkung herabfallender Teile“

## 6.2 Brandschutztechnische Anforderungen an Fassaden in Österreich

Baurechtlich sind diese Schutzziele in Österreich in der OIB-Richtlinie 2 [17] bzw. in der OIB-Richtlinie 2.3 [18] abgebildet. So sind ab Gebäudeklasse 4 zum Beispiel vorgehängte, hinterlüftete, belüftete oder nicht hinterlüftete Fassaden so auszuführen, dass eine Brandweiterleitung auf das zweite, über dem Brandherd liegende Geschoss und das Herabfallen großer Fassadenteile wirksam eingeschränkt wird. Dies kann entweder mittels einer Prüfung nach ÖNORM B 3800-5 (großmaßstäblicher Realbrandversuch) [19] oder auf andere Art, wenn das gleiche Schutzniveaus nachgewiesen wird, bestätigt werden.

Bereits im Zuge der Vorbereitungsarbeiten wurde klar, dass fassadengebundene Systemlösungen (stellen zumeist klassische vorgehängte hinterlüftete Systeme dar) und Begrünung mit Selbstklimmern, Gerüstkletterpflanzen und ihre Rankhilfen sowie deren Vegetation, getrennt voneinander betrachtet werden müssen – alle jedoch im Einklang mit den Anforderungen an „konventionelle“ Fassadenkonstruktionen.

Die Einteilung nach Gebäudeklassen und die dazugehörigen Anforderungen (siehe folgende Tabelle 1) bleibt jedoch über alle Begrünungsformen hinweg erhalten.

Gebäudeklasse (GK)	Bestimmungen bezgl. Brandweiterleitung/Herabfallen
GK 1 bis GK 3	Keine gesonderten Bestimmungen
GK 4 und GK 5	Nachweispflichtig (Ausnahme: Begrünung ist auf 1-3 Geschosse beschränkt oder geschossweise Brandabschottung bei fassadengebundenen Begrünungssystemen in Analogie zu vorgehängten hinterlüfteten Fassadensystemen)
Fluchtniveau > 22 m	Einzelfallprüfung, Vorschriften für den „Hochhausbau“ nach OIB-Richtlinie 2.3

Tabelle 6-1: Brandschutzbestimmungen für Fassadenbegrünungen bei unterschiedlichen Gebäudeklassen

Die Gebäudeklasse korreliert mit der Geschossanzahl eines Gebäudes sowie mit dessen Fluchtniveau. So ist für die Gebäudeklassen 1 bis 3 das maximale Fluchtniveau mit 7 m, für die Gebäudeklasse 4 mit maximal 11 m und für die Gebäudeklasse 5 mit maximal 22 m festgelegt. Eine detaillierte Beschreibung der Gebäudeklassen findet sich in den Begriffsbestimmungen zu den OIB-Richtlinien [20].



## **7 Realbrandversuche**

### **7.1 Versuchsplan**

Der Versuchsplan, der im Zusammenwirken der Magistratsabteilungen 22 (Umweltschutz), 37 (Baupolizei) und 39 (federführend) sowie dem Versuchslabor der Universität für Bodenkultur (BOKU) entstand, sah für die zu gewinnenden Erkenntnisse im Bereich Pflanzenverwendung und Brandschutz folgende Entwicklung vor:

Im ersten Schritt sollte in einem Großbrandversuch festgestellt werden, inwiefern sich der bereits genannte und als „worst-case“ angenommene Efeu während eines Fassadenbrandes verhält. Parallel dazu wurde im Rahmen zweier Bakkalaureatsarbeiten an der Universität für Bodenkultur in Wien eine Vielzahl von Pflanzen und Pflanzenteilen kleinmaßstäblichen Versuchen in Muffelöfen unterzogen, um deren Entflammbarkeit zu prüfen [1] [21]. Der dritte Schritt umfasst dann wiederum Großbrandversuche mit Pflanzen, die sich in den Kleinversuchen als besonders kritisch oder unkritisch verhalten haben, um nachzuweisen, ob die Ergebnisse auch auf den Großmaßstab übertragbar sind.

### **7.2 Überblick über kleinmaßstäbliche Versuche**

Diese kleinmaßstäblichen Versuche sind nicht unmittelbarer Arbeitsauftrag für diese Studie, werden hier im Überblick dennoch berichtet, da deren Ergebnisse direkte Auswirkungen auf die Versuchsanordnungen der Großbrandversuche hatten. Im Rahmen von kleiner dimensionierten Versuchen in einem Muffelofen an der Universität für Bodenkultur haben über 15 Kletterpflanzenarten und Blühstauden sowie tropische Innenraumpflanzen ihren Weg ins Feuer gefunden. Betrachtet wird jeweils die vitale Pflanze und ihre Teile (Blatt, Stiel/Stamm) sowie die nicht mehr vitale, trockene Pflanze (siehe folgende Abbildungen aus [21])

Im Muffelofen wurden zunächst konstant 850 °C gehalten und in der zweiten Versuchsreihe mehrere Temperaturebenen zwischen 500 °C bis 700 °C gefahren (dies in Anlehnung an die aus einer Vielzahl von Versuchen bekannte Temperaturentwicklung beim Großbrandversuch).



Abbildung 7-1: Einbringen von Pflanzenteilen in den Muffelofen [21]



Abbildung 7-2: Mitbrand von Pflanzenteilen im Muffelofen [21]

Die kleinräumigen Versuche mit weiteren Kletterpflanzenarten betrachten die drei Teilbereiche Rauchentwicklung, Verglühen und Entflammbarkeit. Dabei wurde deutlich, dass nicht verallgemeinert werden kann. Unterschiedliche Kletterpflanzenarten haben ein durchwegs unterschiedliches Brandverhalten. So entflammen beispielsweise vitale Blätter diverser Unterarten von *Aristolochia*, *Clematis*, *Fallopia*, *Humulus*, *Jasminum*, *Lonicera*, *Parthenocissus*, *Rosa* und *Wisteria* nicht, während *Lonicera henryi* ein *Hedera helix* ähnliches Verhalten an den Tag legt. Trockene, nicht vitale Pflanzenteile der meisten Arten entflammen. Das durchwegs unterschiedliche Verhalten der Pflanzen muss allerdings in Zusammenhang mit deren Holzgewicht, Habitus und Blattmasse sowie Einsatzgebiet auf jeweiligen Rankhilfen betrachtet werden. Als mittlere Entzündungstemperatur der verholzten Triebe wurden ca. 570 °C gemessen, als Entzündungstemperatur der Blattmasse ca. 650 °C. Auch bei diesen Versuchen wurde festgestellt, dass Pflanzen mit einem hohen Anteil an ätherischen Ölen brennbarer sind als andere.

Bei den Untersuchungen hat sich herausgestellt, dass jede Pflanze entflammbare Teile besitzt. Es gibt also keine Kletterpflanze, die vollkommen unbrennbar ist. Andererseits war bei den untersuchten Pflanzen allerdings auch keine dabei, bei der alle Pflanzenteile entflamten. Es gibt zudem keinerlei Anzeichen dafür, dass Pflanzen mit einem ähnlichen Wuchsverhalten oder auch Pflanzen derselben Gattung ein ähnliches Brandverhalten aufzeigen.

Nach den Muffelofenversuchen wurden die Pflanzen nach ihrem Brandverhalten eingeteilt. Es wurden brennbarere und weniger brennbare Pflanzenpaare ermittelt, die nachfolgenden Großbrandversuchen ausgesetzt wurden, um zu ermitteln, ob sich das differierende Brandverhalten im Muffelofen auch beim Fassadenbrand beobachten lässt.

Aus den Muffelofenversuchen kristallisierten sich für die weiteren Großbrandversuche zwei Pflanzenpaare als Versuchsobjekte heraus: *Akebia* und *Parthenocissus* als Vertreter jener Pflanzen, deren Blätter im Muffelofen nicht entflammen und im zweiten Versuch die „brennbareren“ Arten *Wisteria* und *Hydrangea*.

Die Auswahl der zu prüfenden Pflanzen war somit nunmehr gegeben, jetzt stand noch die Wahl eines sinnvollen Brandszenarios an.

### **7.3 Brandszenario nach ÖNORM B 3800-5**

Für die Großbrandversuche wurde das Brandszenario nach ÖNORM B 3800-5 gewählt, da dieses das national anerkannte Prüfverfahren für Fassaden ist (und wie oben beschrieben indirekt auch in den Anforderungen verankert ist) und zudem sichergestellt werden sollte, dass Fassadenbegrünungen von Beginn an analog anderer üblicher Fassadensysteme wie z.B. Wärmedämm-Verbundsysteme oder vorgehängte hinterlüftete Systeme geprüft werden. Somit können die Erkenntnisse aus diesen Versuchen auch für zukünftige Systemprüfungen verwendet werden.

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

#### **7.3.1 Allgemeine Betrachtungen**

Bei der Entwicklung einer realitätsnahen Brandbeanspruchung im Rahmen von Fassadenprüfungen ging man von den bereits in Kapitel 6.1 geschilderten Untersuchungsergebnissen aus, die für den Fall eines Fensterausbrandes infolge eines Vollbrandes in einem dahinter befindlichen Raum als Schadensfeuer eine ca. 5 m hohe Flamme ergeben hatten. Das bedeutet, dass unabhängig vom Brandverhalten einer allfälligen Fassadenbekleidung jedenfalls ein Geschoss über dem Primarbrandherd gänzlich von der Flamme überstrichen wird (Annahme: übliche Geschosshöhen). In Ergänzung dazu wird das zweite über dem Primarbrandherd liegende Geschoss von der restlichen Flammenlänge – der Flammenspitze –, die ca. 1,5 m hoch ist, thermisch angegriffen.

Als Grundannahme liegt dem Prüfszenario 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.

### **7.3.2 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.

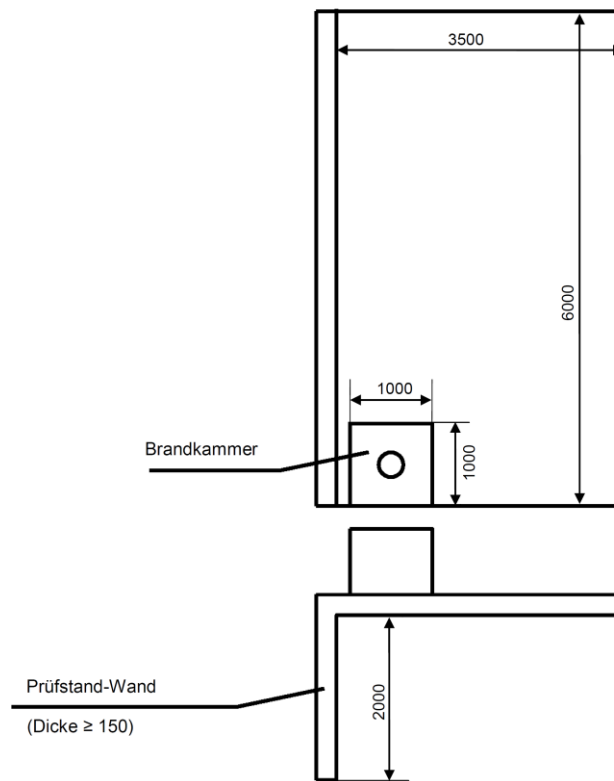


Abbildung 7-3: Ansicht des Fassadenprüfstandes, Maße in mm (aus [19])

Die 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 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 im Lüftungsspalt
- Thermoelement 2 m oberhalb der Sturzkante, 10 cm vor der Fassade
- Thermoelement 2 m oberhalb der Sturzkante, mittig im Lüftungsspalt
- Thermoelement an der Oberkante des Prüfstandes, 10 cm vor der Fassade
- Thermoelement an der Oberkante des Prüfstandes, mittig im Lüftungsspalt

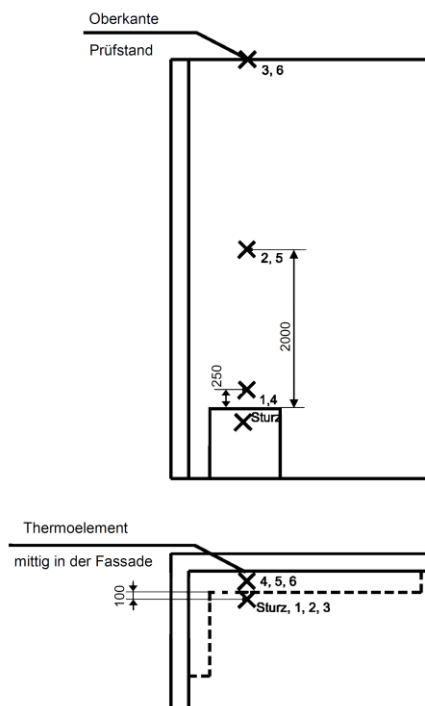


Abbildung 7-4: Lage der Thermoelemente, Maße in mm (aus [19])

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 (vgl. Schutzziele aus der OIB-Richtlinie 2).

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.

Seit dem Erscheinen der ÖNORM B 3800-5 im Jahr 2004 wurde seitens der Brandprüfstellen Österreichs eine Vielzahl von Fassadenkonstruktionen hinsichtlich ihres Brandverhaltens geprüft. Als entscheidendster Faktor für die positive Absolvierung der Prüfung zeigte sich dabei die Ausführung des Sturzbereiches, da dieser der höchsten Temperaturbeanspruchung (Maximum ca.  $900 \text{ °C}$ ) ausgesetzt ist. Außenwand-Wärmedämm-Verbundsysteme mit brennbaren Dämmstoffen und Dämmstoffdicken von mehr als 10 cm bedürfen im Allgemeinen der Einlage eines sogenannten Brandschutzriegels im unmittelbaren Sturzbereich. Der Riegel fängt abrinnende Schmelze des Dämmstoffes im Brandfall auf und baut die Temperatur so weit ab, dass es zu keiner Entzündung der Schmelze kommt. Eine Brandweiterleitung durch entzündete Schmelze ist damit ebenso wie ein zündendes Abtropfen der Schmelze aus dem System eingeschränkt.

Bei vorgehängten hinterlüfteten Fassadenkonstruktionen ist die Montage von Brandsperren das Mittel der Wahl, um ein Eindringen der Flammen in den Lüftungsspalt und eine damit verbundene Brandweiterleitung im Lüftungsspalt wirksam einzuschränken. Die Ausbildung dieser Brandsperren kann auf unterschiedlichste Art und Weise erfolgen. Sie reicht von bis zu 20 cm vor die Fassadenbekleidung auskragenden Stahlblechen bis hin zu „internen“ Brandsperren, die hinter der Fassadenbekleidung in der Hinterlüftungsebene liegen und beispielsweise mittels labyrinthformig ausgebildeten Blechen den Eintritt der Flammen in den Lüftungsspalt verhindern.

## 7.4 Großmaßstäbliche Versuche

### 7.4.1 Versuch 1 (Efeu ohne Rankhilfe)

#### Versuchsaufbau

In Zusammenarbeit mit der MA 22 und der Universität für Bodenkultur wurde die Kletterpflanze Efeu (botanisch: *Hedera helix*), die am 24. Juni 2015 geerntet und in der Nacht auf den 25. Juni 2015 benässt wurde, am 25. Juni 2015 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.

Die Triebe und die Blätter wurden mittels Nägel 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 lt. Experten der MA 22 ebenfalls jener von in der Realität auftretenden Grünfassaden. Ein Klettergerüst wurde nicht verwendet.

In dieser Form wurde eine Prüfstandsfläche von etwa 4 m Höhe x 2,5 m Breite am langen Flügel x 1,5 m Breite am kurzen Flügel belegt. Die Kletterpflanze wurde auch unmittelbar zur Brandkammer geführt, eine unbelegte Fläche war weder direkt über noch direkt seitlich neben der Brandkammer gegeben. Ebenso war die Innenecke des Prüfstands mit Efeu belegt (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.



Thermoelemente wurden im Sturzbereich, 250 mm, 1000 mm, 2500 mm und 3500 mm oberhalb der Sturzkante, jeweils ca. 100 mm vor der Fassade angebracht.

### Versuchsdurchführung

Als Brandlast wurde eine Holzkrippe verwendet, die aus gehobelten Fichtenholzstäben (jeweils 4 cm breit, 4 cm hoch und 50 cm lang) besteht. Aus 72 Stäben mit einem Gesamtgewicht von 25 kg +/- 1 kg wurde die Holzkrippe hergestellt, indem die Stäbe kreuzweise vernagelt werden. So entsteht 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 Holzkrippe wird auf eine allseits offene Metallunterkonstruktion mit einer Grundfläche von 0,5 m<sup>2</sup> in die Brandkammer gestellt (Höhe 0,25 m). Der seitliche Abstand der Holzkrippe zu den Wänden der Brandkammer beträgt 0,25 m. Die Vorderseite der Krippe schließt bündig mit der Vorderseite des Prüfstandes im unbekleideten Zustand ab.

Die Zündung der Holzkrippe wird mittels Isopropanol ausgelöst. Dazu werden unmittelbar vor Versuchsbeginn zwei 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 der Holzkrippe befindet, eingeschaltet und ein zusätzlicher Luftstrom (Volumenstrom 400 m<sup>3</sup>/h) durch eine runde Öffnung (Durchmesser 0,3 m) generiert.

Die Prüfung erfolgte am 25. Juni 2015. Die Temperatur in der Brandhalle betrug 22 °C, die relative Luftfeuchtigkeit 37,8 % und der Luftdruck 1002,5 mbar.

Versuchsbeobachtungen

Versuchsbeginn:	Zündung des Isopropanols
2 Minuten:	Zuschalten des Ventilators; Flammen strömen aus Brandkammer
2 Minuten und 10 Sekunden:	Mitbrand der Blätter im unmittelbaren Flammenbereich am breiten Flügel; geringe Rauchentwicklung
2 Minuten und 30 Sekunden:	Mitbrand der Blätter bis zu einer Höhe von ca. 2 m
5 Minuten und 30 Sekunden:	explosionsartige Durchzündung im Inneneckbereich bis zum oberen Ende des Prüfstandes (Entflammungsdauer 4 Sekunden); Abfallen kleiner, verbrannter Teile von Blättern
8 Minuten und 40 Sekunden:	Abfallen kleiner, glosender Teile der Grünfassade
9 Minuten und 50 Sekunden:	neuerliches Durchzünden nach oben (rechter Bereich oberhalb der Brandkammer, Entflammungsdauer wieder etwa 4 Sekunden)
14 Minuten:	explosionsartige Durchzündung im Bereich des schmalen Flügels bis zum oberen Ende des Prüfstandes; Abfallen kleiner, verbrannter Teile von Blättern
23 Minuten und 50 Sekunden:	Zerfall der Holzkrippe
30 Minuten:	Versuchsende – keine weiteren Veränderungen am Probekörper zu beobachten

Die maximale augenscheinliche Flammenhöhe betrug bis zu 2,3 m.

## Versuchsergebnisse

Die Aufzeichnungen der Thermoelementmessungen zeigten folgende Temperaturverläufe:

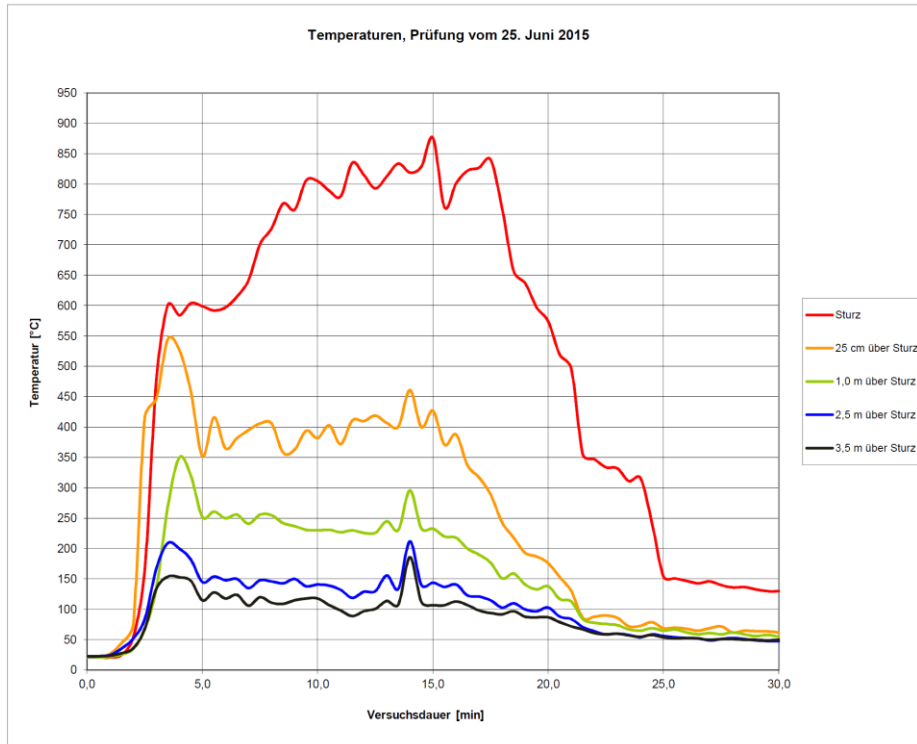


Abbildung 7-5: Temperaturverläufe, Versuch Efeu ohne Rankhilfe



Oberhalb der Brandkammer waren sämtliche Blätter bis zum oberen Ende der Grünfassade weggebrannt, die Triebe waren ab einer Höhe von ca. 2 m über Brandkammer noch am Prüfstand vorhanden, teilweise waren diese verkohlt. Rechts neben der Brandkammer waren sowohl die Blätter als auch die Triebe unzerstört vorhanden (Trennlinie ist faktisch das rechte Ende der Brandkammer).

Am schmalen Probeflügel waren die Efeublätter in einer Breite von 50 cm (von der Innenecke) vom Boden bis zum oberen Ende der Grünfassade weggebrannt, die Triebe waren größtenteils verkohlt vorhanden.

Es konnte unter den gewählten Prüfbedingungen eine mehrfach auftretende kurzzeitige (jeweils etwa 4 Sekunden andauernd) optische Brandweiterleitung entlang der Grünfassade nach oben hin während des Brandversuches beobachtet werden. Eine horizontale Brandausbreitung war nicht erkennbar. Es sind keine großen Teile ( $> 0,4 \text{ m}^2$  oder  $> 5 \text{ kg}$ ) abgefallen.

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

### Bilddokumentation

	
<p>Abbildung 7-6: Efeu am Prüfstand der MA 39 vor der Fassadenbrandprüfung</p>	<p>Abbildung 7-7: kurzzeitige vertikale Brandweiterleitung während der Brandprüfung</p>
	
<p>Abbildung 7-8: Fassadenbegrünung zum Ende der Prüfung</p>	<p>Abbildung 7-9: Fassadenbegrünung nach der Prüfung – keine seitliche Brandweiterleitung erkennbar</p>

### 7.4.2 Versuch 2 (*Akebia quinata* und *Parthenocissus tricuspidata* mit metallischer Rankhilfe)

#### Versuchsaufbau

Seitens der MA 39 wurden möglichst große Pflanzen der oben angegebenen Sorten in ausreichender Zahl angeschafft. Diese wurden in Töpfen angeliefert und bis zum Prüftag, an dem die Montage und Prüfung der Pflanzen stattfand regelmäßig und ausreichend gegossen, sodass davon ausgegangen werden kann, dass vitale Pflanzen der Prüfung zugeführt wurden.

Zunächst wurde am 2. Juli 2018 ein Rankgerüst an die Prüfstandsporenbetonwand montiert. Dieses bestand materialmäßig aus Distanzhaltern und Scheiben aus Aluminium eloxiert sowie aus Edelstahlseilen, Werkstoff 1.4401. Der Aufteilungsraster der Kletterhilfe war wie folgt gegeben:

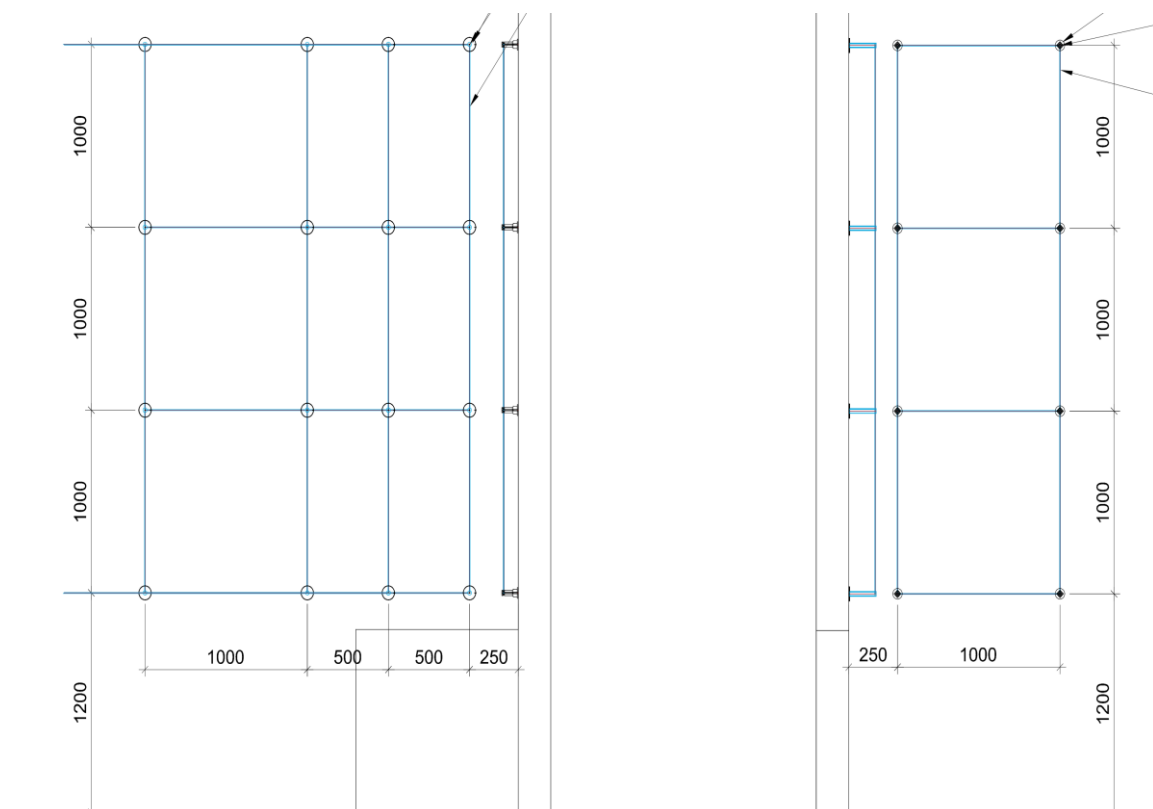


Abbildung 7-10: Anordnung der Rankhilfe am breiten Probeflügel (links) und am schmalen Probeflügel (rechts)

Am Morgen des 3. Juli 2018 wurden die Pflanzen aus den Trögen entnommen und mittels metallischem Bindedraht an die Edelstahlseile der Rankhilfe montiert. Die Triebdichte entsprach lt. ExpertInnen der Universität für Bodenkultur jener von in der Realität auftretenden Grünfassaden bei Verwendung von Kletterhilfen. Im linken Bereich oberhalb der Brandkammer wurde *Parthenocissus tricuspidata* (Dreispitziige Jungfernrebe, Wilder Wein), im rechten Bereich *Akebia quinata* (Fingerblättrige Akebie) appliziert.

In dieser Form wurde eine Prüfstandsfläche von etwa 3 m Höhe x 1,5 m Breite am langen Flügel und 1,5 m Breite am kurzen Flügel belegt. Die Kletterpflanzen wurden auch unmittelbar zur Brandkammer geführt, eine unbelegte Fläche war weder direkt über noch direkt seitlich neben der Brandkammer gegeben. Ebenso war die Innenecke des Prüfstands belegt (siehe auch die folgende Bilddokumentation des Versuches).

Die Pflanzen wurden unmittelbar nach der Montage an das Klettergerüst der Prüfung zugeführt, um in möglichst vitaler Form geprüft zu werden.

Thermoelemente wurden im Sturzbereich, 250 mm, 1000 mm, 2500 mm und 3500 mm oberhalb der Sturzkante, jeweils ca. 100 mm vor der Fassade angebracht und in Höhen von 250 mm, 1000 mm, 2500 mm und 3500 mm oberhalb der Sturzkante auch etwa mittig zwischen Rankhilfe und Prüfstandswand.

### Versuchsdurchführung

Als Brandlast wurde eine Holzkrippe verwendet, die aus gehobelten Fichtenholzstäben (jeweils 4 cm breit, 4 cm hoch und 50 cm lang) besteht. Aus 72 Stäben mit einem Gesamtgewicht von 25 kg +/- 1 kg wurde die Holzkrippe hergestellt, indem die Stäbe kreuzweise vernagelt werden. So entsteht 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 Holzkrippe wird auf eine allseits offene Metallunterkonstruktion mit einer Grundfläche von 0,5 m<sup>2</sup> in die Brandkammer gestellt (Höhe 0,25 m). Der seitliche Abstand der Holzkrippe zu den Wänden der Brandkammer beträgt 0,25 m. Die Vorderseite der Krippe schließt bündig mit der Vorderseite des Prüfstandes im unbekleideten Zustand ab.

Die Zündung der Holzkrippe wird mittels Isopropanol ausgelöst. Dazu werden unmittelbar vor Versuchsbeginn zwei 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 der Holzkrippe befindet, eingeschaltet und ein zusätzlicher Luftstrom (Volumenstrom 400 m<sup>3</sup>/h) durch eine runde Öffnung (Durchmesser 0,3 m) generiert.

Die Prüfung erfolgte am 3. Juli 2018. Die Temperatur in der Brandhalle betrug 26 °C, die relative Luftfeuchtigkeit 42,3 % und der Luftdruck 1005,0 mbar.

### Versuchsbeobachtungen

Versuchsbeginn:	Zündung des Isopropanols
2 Minuten:	Zuschalten des Ventilators; Flammen strömen aus Brandkammer
2 Minuten und 10 Sekunden:	Mitbrand der Blätter im unmittelbaren Flammenbereich am breiten Flügel; geringe Rauchentwicklung
2 Minuten und 43 Sekunden:	Mitbrand der Blätter bis zu einer Höhe von ca. 2 m
3 Minuten und 10 Sekunden:	Durchzündung am breiten Probeflügel ( <i>Parthenocissus</i> ) bis über das obere Ende der Grünfassade (Entflammungsdauer ca. 2 Sekunden); Abfallen kleiner, verbrannter Teile von Blättern
3 Minuten und 15 Sekunden:	neuerliche Durchzündung im Inneneckbereich ( <i>Parthenocissus</i> ) bis zum oberen Ende des Prüfstandes (Entflammungsdauer ca. 2 Sekunden); Abfallen kleiner, verbrannter Teile von Blättern
5 Minuten und 50 Sekunden:	geringfügiger Mitbrand der Holztriebe im unmittelbaren Sturzbereich
7 Minuten und 30 Sekunden:	Glimmen der Triebe mittig über Brandkammer erkennbar
9 Minuten und 05 Sekunden:	Durchzündung im Bereich des schmalen Flügels ( <i>Akebia</i> ) bis über das obere Ende der Grünfassade (Entflammungsdauer ca. 2 Sekunden); Abfallen kleiner, verbrannter Teile von Blättern
10 Minuten und 15 Sekunden:	kein Mitbrand von Pflanzenteilen mehr erkennbar
11 Minuten und 30 Sekunden:	weiterhin geringes Glimmen der Triebe oberhalb der Brandkammer erkennbar
18 Minuten und 40 Sekunden:	Zerfall der Holzkrippe

30 Minuten: Versuchsende – keine weiteren Veränderungen am Probekörper zu beobachten

Die maximale augenscheinliche Flammenhöhe betrug bis zu 2,2 m.

### Versuchsergebnisse

Die Aufzeichnungen der Thermoelementmessungen zeigten folgende Temperaturverläufe:

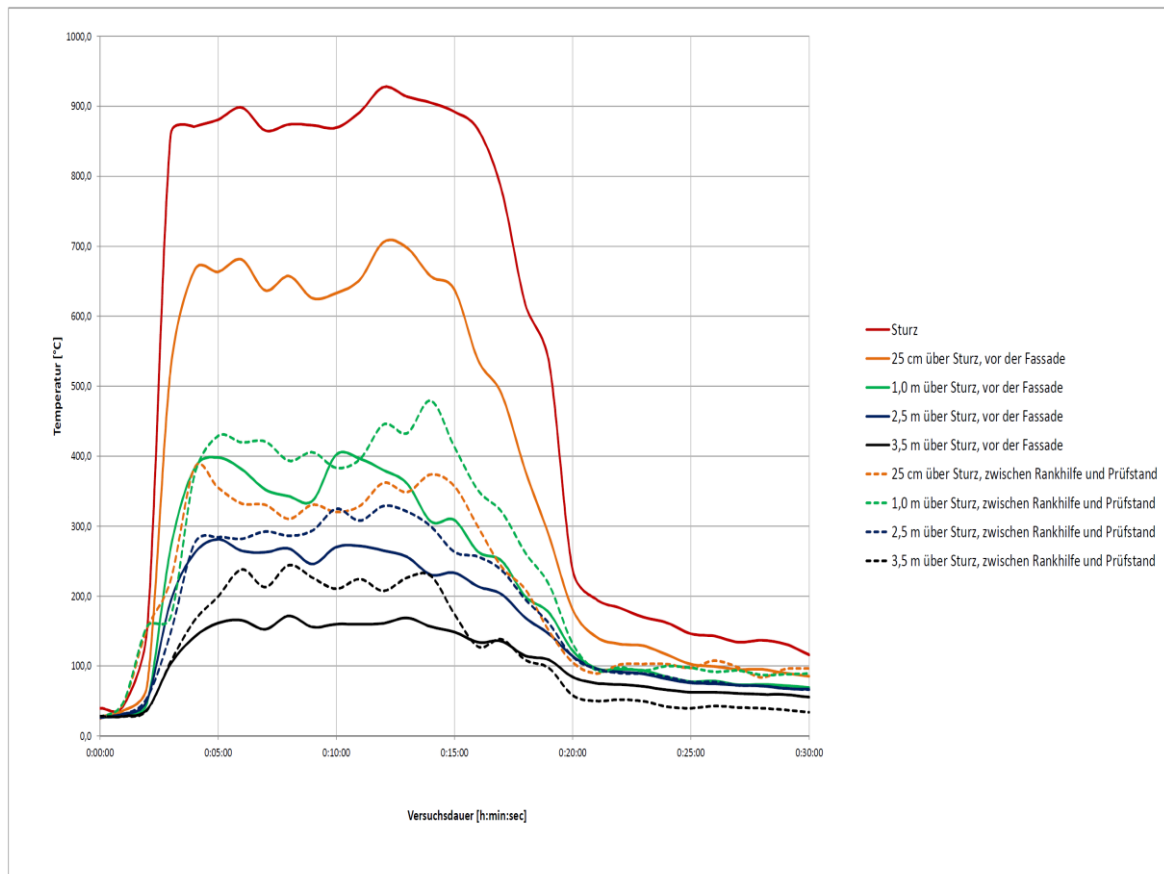


Abbildung 7-11: Temperaturverläufe, Versuch 2

Jeweils ca. 50 cm von der Innenecke aus gemessen waren sowohl am breiten Probeflügel (*Parthenocissus*) als auch am schmalen Probeflügel (*Akebia*) sämtliche Pflanzenteile verbrannt/verkohlt und abgefallen, es waren keine Pflanzen mehr am Rankgerüst vorhanden. Oberhalb der linken 50 cm der Brandkammer waren die Pflanzen bis zu einer Höhe von ca. 2,5 m weggebrannt, darüber waren noch verkohlte Blätter und Triebe am Rankgerüst haftend. Unmittelbar links neben der Brandkammer war nur eine geringe Schädigung der Grünfassade (vertrocknete Pflanzenteile) erkennbar.




Am schmalen Probeflügel waren die Pflanzen ab einem Abstand von ca. 50 cm von der Innenecke aus praktisch in unverändertem, augenscheinlich vitalem Zustand vorhanden. Es konnte unter den gewählten Prüfbedingungen eine mehrfach auftretende kurzzeitige (jeweils etwa 2 Sekunden andauernd) Brandweiterleitung entlang der Grünfassade nach oben hin während des Brandversuches beobachtet werden. Eine horizontale Brandausbreitung war nicht erkennbar. Es sind keine großen Teile ( $> 0,4 \text{ m}^2$  oder  $> 5 \text{ kg}$ ) abgefallen.

Die Rankhilfe zeigt zwar während der Prüfung thermische Verformungen (Erschlaffen der Edelstahlseile im Brandkammersturzbereich), ein Abfallen der Rankhilfe oder eine erhöhte Brandweiterleitung aufgrund der Rankhilfe war nicht beobachtbar.

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

#### Bilddokumentation

	
<p>Abbildung 7-12: Montage der Rankhilfe am Prüfstand</p>	<p>Abbildung 7-13: Montage der Pflanzen (links: <i>Parthenocissus tricuspidata</i>, rechts: <i>Akebia quinata</i>) auf der Rankhilfe</p>

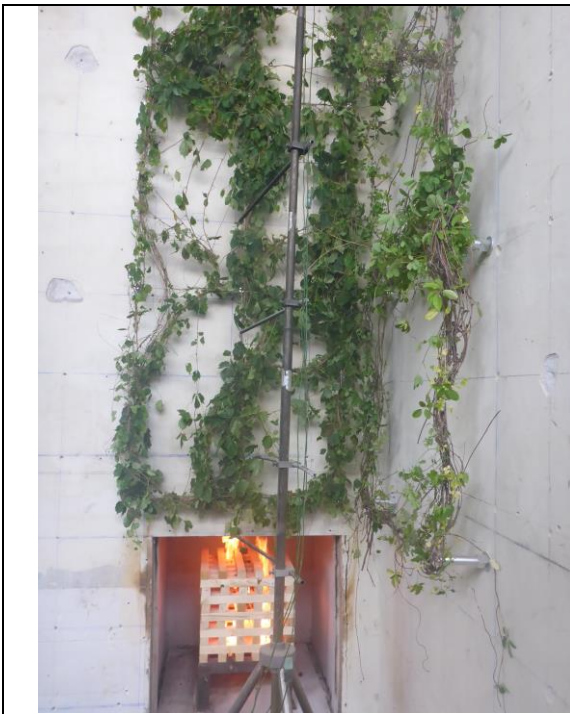


Abbildung 7-14: Fassadenbegrünung zu Beginn der Prüfung

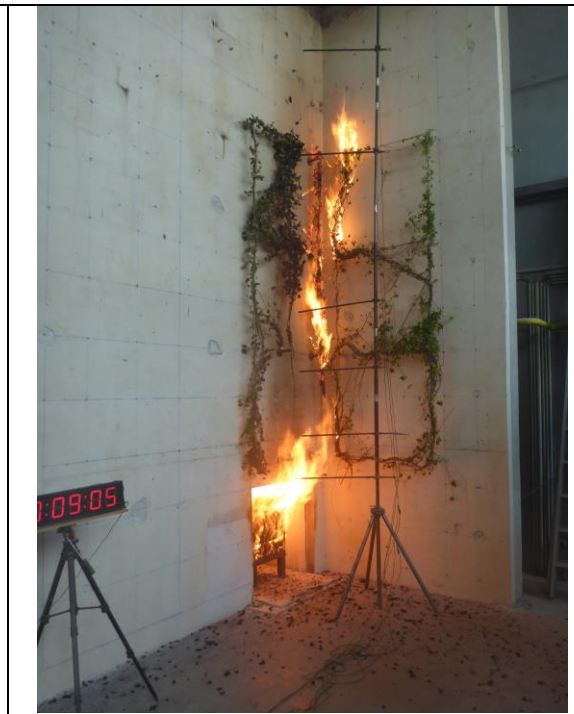


Abbildung 7-15: Durchzündungseffekt nach 9 Minuten und 5 Sekunden Versuchsdauer



Abbildung 7-16: Fassadenbegrünung zum Ende der Prüfung



Abbildung 7-17: Fassadenbegrünung nach der Prüfung

### 7.4.3 Versuch 3 (*Hydrangea petiolaris* und *Wisteria floribunda* mit metallischer Rankhilfe, 1 m vertikaler Abstand zur Brandkammer)

Nachdem in Versuch 2 festgestellt wurde, dass selbst bei jenen Pflanzen, die im Muffelofen ein konservatives Brandverhalten zeigten, im Großbrandversuch der Durchzündungseffekt zu beobachten war, war klar, dass es brandschutztechnisch nicht sinnvoll ist, bei den „brennbareren“ Pflanzen den gleichen Prüfaufbau wieder zu testen. Auf Basis der Temperaturmessungen bei den vorigen Versuchen und den Versuchen im Muffelofen wurde daher entschieden, dass die Pflanzenmontage am Rankgerüst erst ab einer Höhe von 1,0 m über Sturz und mit einem seitlichen Abstand in der Innenecke von 50 cm erfolgte. Sieht man sich die Temperaturentwicklung 10 cm vor der Fassade in unterschiedlichen Höhen bei Fassadenbrandversuchen nach ÖNORM B 3800-5 an, so erkennt man, dass in einer Höhe von 1,0 m über Sturz Maximaltemperaturen von etwa 350°C – 400°C gemessen werden (siehe vorhergehende Abbildungen der Temperaturverläufe). Die Erwartungshaltung war daher, dass die Temperatur dort nicht mehr ausreicht, um den Durchzündungseffekt der Fassadenbegrünung auszulösen.

#### Versuchsaufbau

Seitens der MA 39 wurden möglichst große Pflanzen der oben angegebenen Sorten in ausreichender Zahl angeschafft. Diese wurden in Töpfen angeliefert und bis zum Prüftag, an dem die Montage und Prüfung der Pflanzen stattfand regelmäßig und ausreichend gegossen, sodass davon ausgegangen werden kann, dass vitale Pflanzen der Prüfung zugeführt wurden.

Das bei Versuch 2 verwendete Rankgerüst wurde unverändert am Prüfstand belassen.

Am Morgen des 13. Juli 2018 wurden die Pflanzen aus den Trögen entnommen und mittels metallischem Bindedraht an die Edelstahlseile der Rankhilfe montiert. Die Triebdichte entsprach lt. ExpertInnen der Universität für Bodenkultur jener von in der Realität auftretenden Grünfassaden bei Verwendung von Kletterhilfen. Im Bereich oberhalb der Brandkammer wurde *Wisteria floribunda* (Japanischer Blauregen), im rechten Bereich am schmalen Probeflügel *Hydrangea petiolaris* (Kletterhortensie) appliziert.

In dieser Form wurde eine Prüfstandsfläche von etwa 3 m Höhe x 1,2 m Breite am breiten Flügel x 1,2 m Breite und 4 m Höhe am schmalen Flügel belegt. Die Kletterpflanzen wurden bis zu einem Abstand von 1,0 m oberhalb der Brandkammer und am schmalen Probeflügel bis zu einem Abstand von 50 cm zur Innenecke geführt (siehe auch die folgende Bilddokumentation des Versuches).

Die Pflanzen wurden unmittelbar nach der Montage an das Klettergerüst der Prüfung zugeführt, um in möglichst vitaler Form geprüft zu werden.

Thermoelemente wurden im Sturzbereich, 250 mm, 1000 mm, 2500 mm und 3500 mm oberhalb der Sturzkante, jeweils ca. 100 mm vor der Fassade angebracht und in Höhen von 250 mm, 1000 mm, 2500 mm und 3500 mm oberhalb der Sturzkante auch etwa mittig zwischen Rankhilfe und Prüfstandswand.

### Versuchsdurchführung

Als Brandlast wurde eine Holzkrippe verwendet, die aus gehobelten Fichtenholzstäben (jeweils 4 cm breit, 4 cm hoch und 50 cm lang) besteht. Aus 72 Stäben mit einem Gesamtgewicht von 25 kg +/- 1 kg wurde die Holzkrippe hergestellt, indem die Stäbe kreuzweise vernagelt werden. So entsteht 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 Holzkrippe wird auf eine allseits offene Metallunterkonstruktion mit einer Grundfläche von 0,5 m<sup>2</sup> in die Brandkammer gestellt (Höhe 0,25 m). Der seitliche Abstand der Holzkrippe zu den Wänden der Brandkammer beträgt 0,25 m. Die Vorderseite der Krippe schließt bündig mit der Vorderseite des Prüfstandes im unbekleideten Zustand ab.

Die Zündung der Holzkrippe wird mittels Isopropanol ausgelöst. Dazu werden unmittelbar vor Versuchsbeginn zwei 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 der Holzkrippe befindet, eingeschaltet und ein zusätzlicher Luftstrom (Volumenstrom 400 m<sup>3</sup>/h) durch eine runde Öffnung (Durchmesser 0,3 m) generiert.

Die Prüfung erfolgte am 13. Juli 2018. Die Temperatur in der Brandhalle betrug 25 °C, die relative Luftfeuchtigkeit 38,7 % und der Luftdruck 999,5 mbar.

Versuchsbeobachtungen

Versuchsbeginn:	Zündung des Isopropanols
2 Minuten:	Zuschalten des Ventilators; Flammen strömen aus Brandkammer
2 Minuten und 30 Sekunden:	Dunkelfärbung der Blätter oberhalb der Brandkammer; Abfallen kleiner verkohlter Teile der Blätter
2 Minuten und 50 Sekunden:	Glimmen der Triebe mittig über Brandkammer erkennbar
18 Minuten und 30 Sekunden:	Zerfall der Holzkrippe
30 Minuten:	Versuchsende – keine weiteren Veränderungen am Probekörper zu beobachten

Die maximale augenscheinliche Flammenhöhe betrug bis zu 2,3 m.

Versuchsergebnisse

Die Aufzeichnungen der Thermoelementmessungen zeigten folgende Temperaturverläufe:

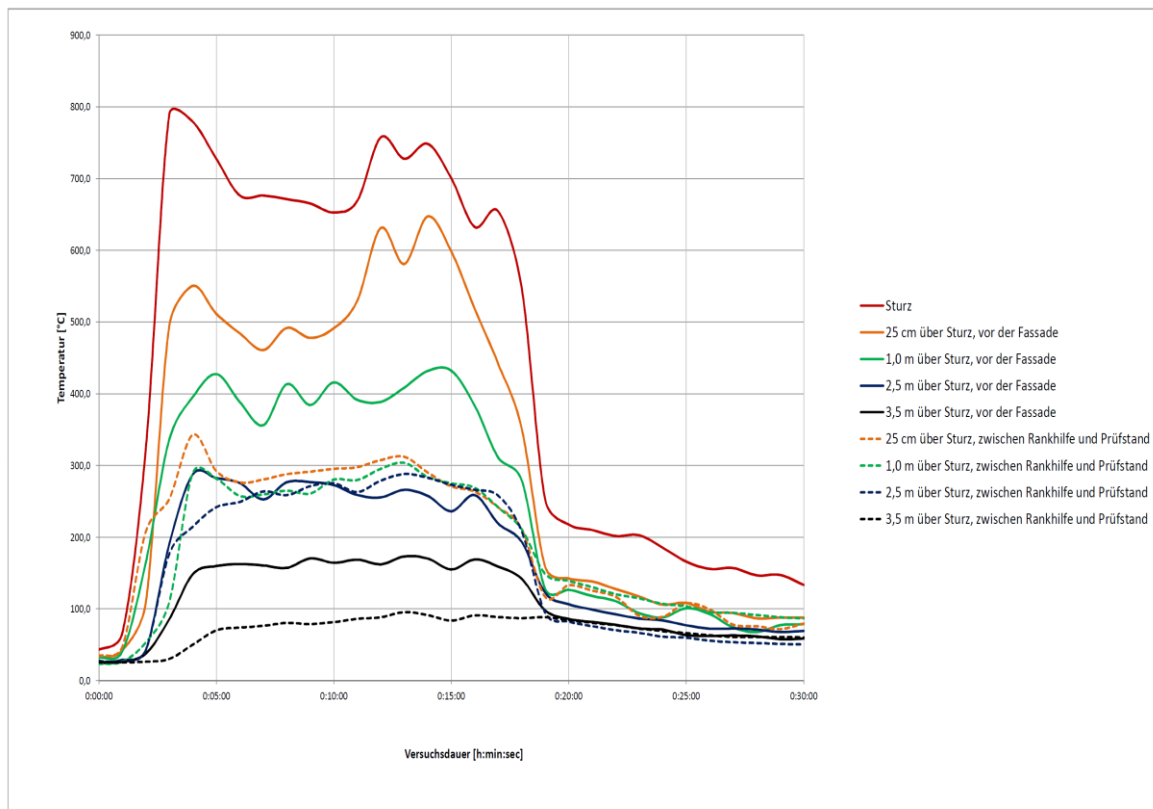


Abbildung 7-18: Temperaturverläufe, Versuch 3

Oberhalb der Brandkammer waren die Blätter verkohlt bzw. dunkel verfärbt, wobei sich die Höhe der festzustellenden Verkohlungs/Verfärbung schräg nach oben hin in die Innenecke hinein vergrößerte. In der Innenecke waren Blätter bis zu einer Höhe von 3,0 m oberhalb der Brandkammer verfärbt, am linken Rand der Brandkammer etwa 1,2 m. Aus dem Bereich bis 2,0 m oberhalb der Brandkammer waren verkohlte Blätter abgefallen. Am schmalen Probeflügel war ein Streifen nächst der Innenecke von ca. 20 cm der Begrünung verfärbt, weiter weg von der Innenecke waren die Pflanzen augenscheinlich unverändert in einem vitalen Zustand.

Es konnte unter den gewählten Prüfbedingungen keine optische Brandweiterleitung entlang der Grünfassade nach oben hin während des Brandversuches beobachtet werden. Eine horizontale Brandausbreitung war ebenso nicht erkennbar. Es sind keine großen Teile ( $> 0,4 \text{ m}^2$  oder  $> 5 \text{ kg}$ ) abgefallen.

Die Rankhilfe zeigt zwar während der Prüfung thermische Verformungen (Erschlaffen der Edelstahlseile im Brandkammersturzbereich), ein Abfallen der Rankhilfe oder eine erhöhte Brandweiterleitung aufgrund der Rankhilfe war nicht beobachtbar.

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

Bilddokumentation

Abbildung 7-19: Fassadebegrünung unmittelbar beim Start des Versuches



Abbildung 7-20: Probekörper nach ca. 5 Minuten Versuchsdauer

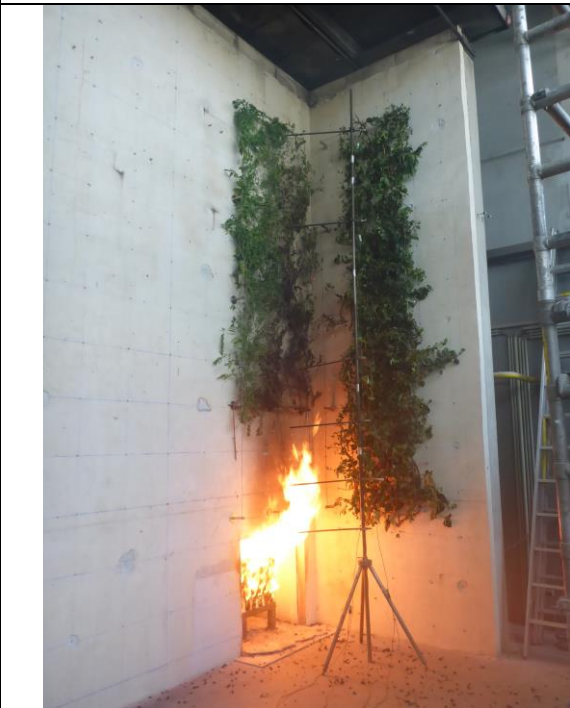


Abbildung 7-21: Fassadebegrünung während des Versuches (Versuchsdauer 12 Minuten – Maximum des Krippenbrandes)



Abbildung 7-22: Fassadebegrünung nach der Prüfung

#### **7.4.4 Versuch 4 (*Hydrangea petiolaris* und *Wisteria floribunda* mit metallischer Rankhilfe, 0,6 m vertikaler Abstand zur Brandkammer)**

Nachdem nun also erstmals ein Großbrandversuch durchgeführt wurde, der die Anforderungen der ÖNORM B 3800-5 positiv erfüllte, wurde für den vierten Aufbau der vertikale Abstand der Pflanzen oberhalb der Brandkammer auf 0,6 m verringert, um zu sehen, ob auch dieser Abstand ausreicht, um eine Brandweiterleitung durch die Pflanzen zu verhindern. Aus den Temperaturmessungen der vorigen Versuche konnte angenommen werden, dass die Maximaltemperatur in dieser Höhe während der Fassadenprüfung bei ca. 470 °C bis 550 °C liegt, also gewissermaßen nahe der Entzündungsgrenztemperatur der Blätter.

##### Versuchsaufbau

Seitens der MA 39 wurden möglichst große Pflanzen der oben angegebenen Sorten in ausreichender Zahl angeschafft. Diese wurden in Töpfen angeliefert und bis zum Prüftag, an dem die Montage und Prüfung der Pflanzen stattfand regelmäßig und ausreichend gegossen, sodass davon ausgegangen werden kann, dass vitale Pflanzen der Prüfung zugeführt wurden.

Das bei Versuch 2 verwendete Rankgerüst wurde unverändert am Prüfstand belassen.

Am Morgen des 7. August 2018 wurden die Pflanzen aus den Trögen entnommen und mittels metallischem Bindedraht an die Edelstahlseile der Rankhilfe montiert. Die Triebdichte entsprach lt. ExpertInnen der Universität für Bodenkultur jener von in der Realität auftretenden Grünfassaden bei Verwendung von Kletterhilfen. Im linken Bereich oberhalb der Brandkammer wurde *Wisteria floribunda* (Japanischer Blauregen), im rechten Bereich oberhalb der Brandkammer *Hydrangea petiolaris* (Kletterhortensie) appliziert - am schmalen Probeflügel konnte in Ermangelung von Pflanzen nichts mehr montiert werden. Dies spielt für die Beurteilung des Versuches jedoch keine Rolle, da bei keinem der vorigen Versuche eine seitliche Brandweiterleitung am schmalen Probeflügel beobachtet worden war.

In dieser Form wurde eine Prüfstandsfläche von etwa 3,8 m Höhe x 1,2 m Breite am breiten Flügel belegt. Die Kletterpflanzen wurden bis zu einem Abstand von 0,6 m oberhalb der Brandkammer geführt (siehe auch die folgende Bilddokumentation des Versuches).



Die Pflanzen wurden unmittelbar nach der Montage an das Klettergerüst der Prüfung zugeführt, um in möglichst vitaler Form geprüft zu werden.

Thermoelemente wurden im Sturzbereich, 250 mm, 1000 mm, 2500 mm und 3500 mm oberhalb der Sturzkante, jeweils ca. 100 mm vor der Fassade angebracht und in Höhen von 250 mm, 1000 mm, 2500 mm und 3500 mm oberhalb der Sturzkante auch etwa mittig zwischen Rankhilfe und Prüfstandswand.

### Versuchsdurchführung

Als Brandlast wurde eine Holzkrippe verwendet, die aus gehobelten Fichtenholzstäben (jeweils 4 cm breit, 4 cm hoch und 50 cm lang) besteht. Aus 72 Stäben mit einem Gesamtgewicht von 25 kg +/- 1 kg wurde die Holzkrippe hergestellt, indem die Stäbe kreuzweise vernagelt werden. So entsteht 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 Holzkrippe wird auf eine allseits offene Metallunterkonstruktion mit einer Grundfläche von 0,5 m<sup>2</sup> in die Brandkammer gestellt (Höhe 0,25 m). Der seitliche Abstand der Holzkrippe zu den Wänden der Brandkammer beträgt 0,25 m. Die Vorderseite der Krippe schließt bündig mit der Vorderseite des Prüfstandes im unbekleideten Zustand ab.

Die Zündung der Holzkrippe wird mittels Isopropanol ausgelöst. Dazu werden unmittelbar vor Versuchsbeginn zwei 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 der Holzkrippe befindet, eingeschaltet und ein zusätzlicher Luftstrom (Volumenstrom 400 m<sup>3</sup>/h) durch eine runde Öffnung (Durchmesser 0,3 m) generiert.

Die Prüfung erfolgte am 7. August 2018. Die Temperatur in der Brandhalle betrug 26 °C, die relative Luftfeuchtigkeit 35,3 % und der Luftdruck 1001,5 mbar.

Versuchsbeobachtungen

Versuchsbeginn:	Zündung des Isopropanols
2 Minuten:	Zuschalten des Ventilators; Flammen strömen aus Brandkammer
2 Minuten und 25 Sekunden:	Dunkelfärbung von Blättern oberhalb der Brandkammer
2 Minuten und 30 Sekunden:	Mitbrand der Blätter im unmittelbaren Flammenbereich oberhalb der Brandkammer; geringe Rauchentwicklung
2 Minuten und 50 Sekunden:	Durchzündung am breiten Probeflügel im Bereich der Kletterhortensie (Entflammungsdauer ca. 4 Sekunden); Abfallen kleiner, verbrannter Teile von Blättern
3 Minuten und 20 Sekunden:	Durchzündung am breiten Probeflügel im Bereich des Blauregens bis etwa zur Hälfte der Begrünung (Entflammungsdauer ca. 3 Sekunden); Abfallen kleiner, verbrannter Teile von Blättern
10 Minuten:	Glimmen von Trieben mittig über Brandkammer erkennbar
ab 10 Minuten und 20 Sekunden:	immer wieder Abfallen kleiner, verbrannter Teile von Blättern sowie glimmende Teile der Triebe
20 Minuten:	Zerfall der Holzkrippe
20 Minuten und 30 Sekunden:	Glimmen der Triebe erlischt
30 Minuten:	Versuchsende – keine weiteren Veränderungen am Probekörper zu beobachten

Die maximale augenscheinliche Flammenhöhe betrug bis zu 2,3 m.

## Versuchsergebnisse

Die Aufzeichnungen der Thermoelementmessungen zeigten folgende Temperaturverläufe:

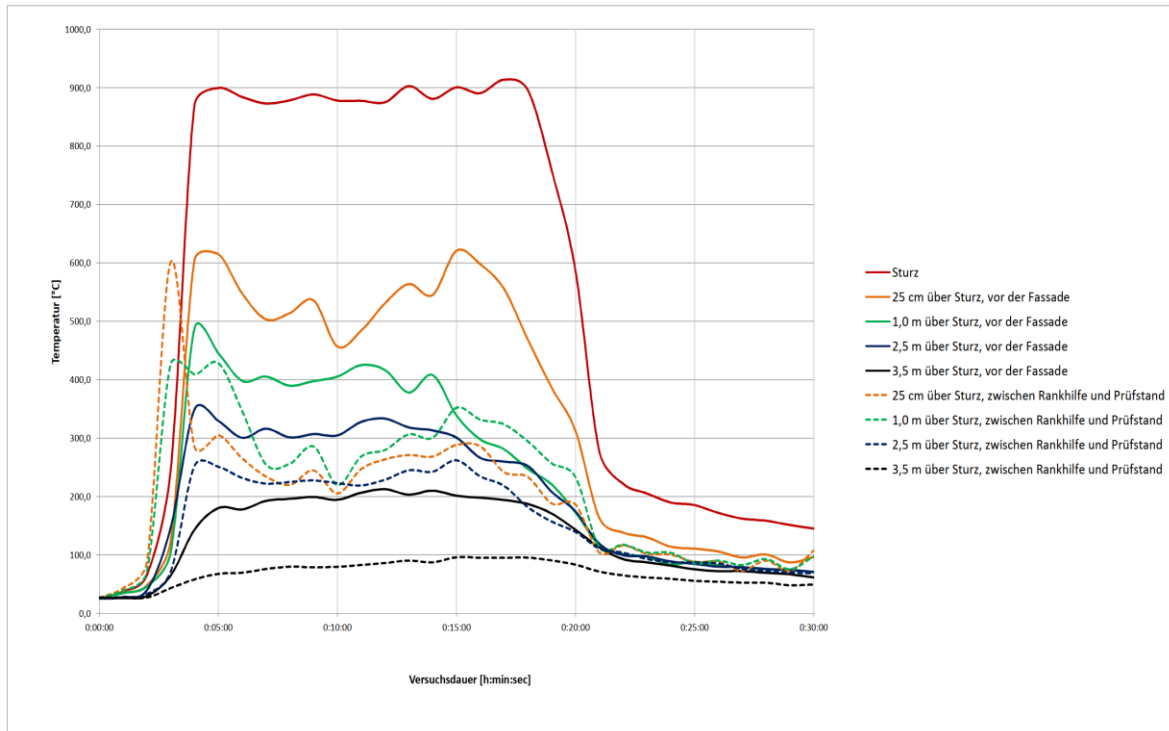


Abbildung 7-23: Temperaturverläufe, Versuch 3

Oberhalb der Brandkammer waren die Pflanzen kegelförmig bis zu einer Höhe von ca. 3,0 m weggebrannt. Oberhalb bzw. rechts und links des kegelförmigen war nur eine geringe Schädigung der Grünfassade (vertrocknete Pflanzenteile) erkennbar. Es konnte unter den gewählten Prüfbedingungen eine mehrfach auftretende kurzzeitige (jeweils etwa 3 bis 4 Sekunden andauernd) optische Brandweiterleitung entlang der Grünfassade nach oben hin während des Brandversuches beobachtet werden. Eine horizontale Brandausbreitung war nicht erkennbar. Es sind keine großen Teile ( $> 0,4 \text{ m}^2$  oder  $> 5 \text{ kg}$ ) abgefallen.

Die Rankhilfe zeigt zwar während der Prüfung thermische Verformungen (Erschlaffen der Edelstahlseile im Brandkammersturzsbereich), ein Abfallen der Rankhilfe oder eine erhöhte Brandweiterleitung aufgrund der Rankhilfe war nicht beobachtbar.

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

Bilddokumentation

Abbildung 7-24: Grünfassade vor der Fassadenbrandprüfung



Abbildung 7-25: Abstand von 60 cm oberhalb der Brandkammer



Abbildung 7-26: kurzzeitiger Durchzündungseffekt an der Grünfassade

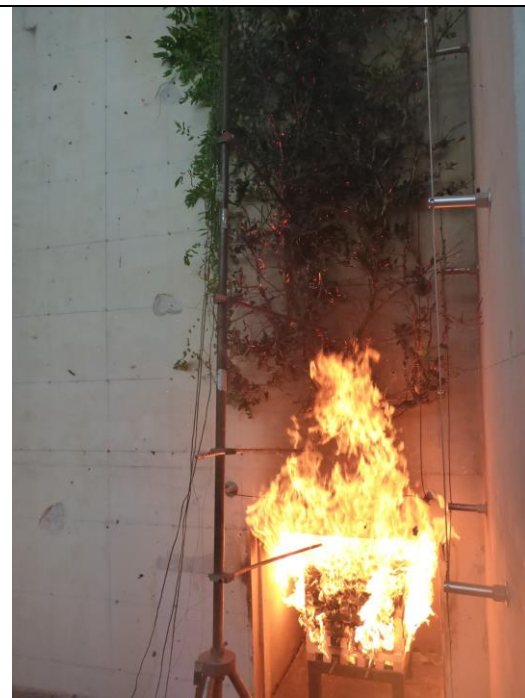


Abbildung 7-27: Maximum des Holzkrippenbrandes nach ca. 12 Minuten Versuchsdauer



## 8 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	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

Tabelle 8-1: Übersichtstabelle der Versuchsergebnisse

In Bezug auf Efeu wurde festgestellt, dass es praktisch keine seitliche Brandweiterleitung, auch nicht im unmittelbaren Bereich der Brandkammer, gibt. Die vertikale Brandweiterleitung ist durch kurzzeitiges, wenige Sekunden andauerndes „Durchzünden“ aber prinzipiell möglich. Als Ursache dafür wird der Gehalt an ätherischen Ölen vermutet, nachdem bei der Prüfung kein Totholz vorlag. Eine vertikale Brandweiterleitung im Bereich der Triebe, also verholzten Teile, konnte nicht beobachtet werden. Die Sekundärbrandgefahr durch abfallende, brennende Teile war ebenfalls nicht gegeben.

In Bezug auf die Anforderungen der ÖNORM B 3800-5 bedeutet dies also für den Efeu trotzdem ein negatives Versuchsergebnis. Zwar konnte das Schutzziel des Herabfallens von Teilen positiv beurteilt werden, eine vertikale Brandausbreitung ist jedoch möglich.

Aus den Kleinversuchen in einem Muffelofen kristallisierten sich für die weiteren Großbrandversuche zwei Pflanzenpaare als Versuchsobjekte heraus: *Akebia* und *Parthenocissus* als Vertreter jener Pflanzen, deren Blätter im Muffelofen nicht entflammen und im zweiten Versuch die „brennbareren“ Arten *Wisteria* und *Hydrangea*. Die Montage der Pflanzen erfolgte für diese Versuche an einer nichtbrennbaren metallischen Kletterhilfe und nicht direkt am Prüfstand.

Im ersten Versuch mit den „weniger brennbaren“ Pflanzen zeigte sich ein ähnliches Bild wie beim Großbrandversuch mit Efeu. Es waren sowohl die Durchzündungsphänomene (zeitlich kürzer als bei Efeu) als auch die positiven Aspekte der nicht beobachtbaren horizontalen Brandausbreitung sowie der nicht beobachtbaren Sekundärbrandgefahr über abgefallene brennende Teile zu erkennen.

Gefolgert werden kann also, dass grundsätzlich jede Kletterpflanze in Brand gesetzt werden und zu einer vertikalen Brandweiterleitung beitragen kann – egal welches Verhalten sie im Muffelofen zeigte. Daher wurde der nächste Großbrandversuch dahingehend abgeändert, dass nicht nochmals der gleiche Aufbau mit den „brennbareren“ Pflanzen erfolgte, sondern die Pflanzenmontage am Rankgerüst erst ab einer Höhe von 1,0 m über Sturz und mit einem seitlichen Abstand in der Innenecke von 50 cm erfolgte.

Bei dieser Versuchsanordnung konnte keine Entzündung der Fassadenbegrünung festgestellt werden. Die untersten Blätter waren verfärbt und zum Teil war ein Glimmen der Holzanteile zu erkennen, eine vertikale oder horizontale Brandweiterleitung jedoch nicht. Es scheint also möglich zu sein, durch definierte Abstände von einem Stützfeuer, die Entzündung und die darauf folgende kurzzeitige vertikale Brandweiterleitung entlang der Fassadenbegrünung zu verhindern. Bei keinem der Brandversuche trug die Rankhilfe zu einem Brandgeschehen bei. Die Konstruktion verharrte unverändert am Prüfstand.

Im dritten Versuch wurde dieser Abstand zum simulierten Fenstersturz auf 60 cm verringert, um beobachten zu können, ob die dort auftretenden Temperaturen (ca. 500 °C bis 550 °C sind zu erwarten) ebenfalls nicht ausreichen, um eine Entflammung zu bewirken. Dies war nicht der Fall – es kam wieder zu einer Entzündung der Pflanzen, wobei der Durchzündungseffekt in seinem Ausmaß nach oben hin geringer war als bei den Versuchen zuvor.

Alle Versuche zusammengenommen kann also festgestellt werden, dass eine Entzündung der verholzten Triebe sowie der Blattmasse ab ca. 500 °C zu erwarten ist, sodass hinsichtlich der folgenden abschließenden Handlungsanleitung für das weitere Vorgehen immer zu bedenken ist, wie technisch sichergestellt werden kann, dass Fassadenbegrünungen im Realbrandfall nicht diesen Temperaturen ausgesetzt sind.

## 9 Strategische Handlungsanleitung

Aus den bei den Versuchen gewonnenen Erkenntnissen ergeben sich für künftige Anwendungen von Grünfassaden folgende richtungweisende Vorgaben:

- Bei Gebäuden bis zur Gebäudeklasse 3 sind keine Nachweise hinsichtlich der Brandweiterleitung bzw. spezielle Brandschutzmaßnahmen erforderlich.
- Bei höheren Gebäudeklassen sind nichtbrennbare Rankhilfen (z.B. aus Metall) einzusetzen; es können – je nach verwendeter Pflanzenart - zusätzliche Brandschutzmaßnahmen (z.B. geschosswise Brandsperrn) notwendig sein.
- Bei höheren Gebäudeklassen ist für das verwendete System (exkl. Pflanzen) ein positiver Prüfbericht nach ÖNORM B 3800-5 bzw. ein passender anderer Nachweis vorzulegen. Die Systeme sind dann entsprechend den positiv geprüften Details aufzubauen. Bei vorgehängten hinterlüfteten, fassadengebundenen Systemen kann das Schutzziel Brandweiterleitung beispielsweise durch die geschossweise Anordnung von auskragenden Brandschutzschotts erfüllt werden.

	
<p>Abbildung 9-1: Lineare Brandschutzelemente zur Verhinderung einer Brandweiterleitung, Objekt MA 48 [10]</p>	<p>Abbildung 9-2: Fassadenbegrünung mit geschosswise angeordneten Brandschutzelementen, Objekt MA 48 [10]</p>

- Fassadenbegrünungen sind 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.



- Das ursprüngliche Ziel eines Pflanzenkataloges mit „brennbaren“ und „weniger brennbaren“ Pflanzen kann in der geplanten Form nicht weiter verfolgt werden, da auch in den Kleinversuchen als „weniger brennbar“ eingestufte Pflanzen im Großbrandversuch zu einer Brandweiterleitung beitragen.
- Die kleinräumigen Versuche werden derzeit mit Stauden, Gräsern und Kleingehölzen für die Anwendung in fassadengebundenen Systemen erweitert. Ein weiterer Großbrandversuch mit Efeu und dem positiv geprüften vertikalen Abstand zur Brandkammer von 1,0 m ist in Planung.
- Fassadengebundene Begrünungssysteme unterscheiden sich in ihren strukturellen Materialien stark (z.B. Geotextilien, Mineralwollen, mineralische Substrate), zudem unterliegen sie durch die vorgehängte hinterlüftete Bauweise verstärkten Brandschutzbestimmungen. Langfristig wird daher bei allen Gebäudeklassen das Brandverhalten der in den Systemen verwendeten Materialien (exkl. Pflanzen) nachzuweisen sein.

All die berichteten Ergebnisse bilden nunmehr die Basis des folgenden allgemeinen Vorschlags der MA 39 für die brandschutztechnische Betrachtung einer Fassadenbegrünung mit Kletterpflanzen mit/ohne Rankhilfe:

Gebäude bis GK 3	Keine Nachweise bzw. spezielle Brandschutzmaßnahmen	
Gebäude der GK 4 oder 5	Verwendung nichtbrennbarer Rankhilfen (z.B. aus Metall)	minimaler vertikaler Schutzabstand der Begrünung zu brennbarer Dachkonstruktion 1,0 m
	Kein weiterer Nachweis, wenn	Fassadenbegrünung maximal dreigeschossig <b>oder</b>
		wenn zwischen den Geschoßen eine Brandschutzabschottung aus einem durchgehenden Profil aus Stahlblech (Mindestdicke 1 mm) oder brandschutztechnisch gleichwertigem, das mindestens 20 cm auskragt, ausgeführt ist <b>oder</b>
		ein vertikaler Schutzabstand zu darunter liegenden Fensteröffnungen von mindestens 1,0 m vorliegt, <b>sonst</b>
		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)
Gebäude mehr als GK 5	Einzelfallprüfung	

Tabelle 9-1: brandschutztechnische Anforderungen an Kletterpflanzen mit/ohne Rankhilfe, abhängig von der Gebäudeklasse

Beispielhaft sind in der folgenden Skizze vorstellbare nachweisfreie Varianten der Montage von Fassadenbegrünungen mit Kletterpflanzen mit/ohne Rankhilfe in den Gebäudeklassen 4 und 5 skizziert (Maße in m):



Abbildung 9-3: Systemskizzen möglicher zukünftiger Fassadenbegrünungsanordnungen an Gebäuden

Unabhängig von der Gebäudeklasse sind Fassadenbegrünungen 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. Falls größere Pflanzflächen absterben (Hinweis: jahreszeitlich bedingtes Verbraunen und Einziehen von Pflanzen ist damit nicht gemeint): Umgehende Entfernung eines zu hohen und dichten oberirdischen Pflanzbestandes im vertrocknetem Zustand erforderlich.

All die berichteten Ergebnisse bilden nunmehr die Basis des folgenden allgemeinen Vorschlags der MA 39 für die brandschutztechnische Betrachtung einer fassadengebundenen Begrünung (vgl. vorgehängte hinterlüftete Fassade):

Gebäude bis GK 3	Nachweis des Brandverhaltens der verwendeten Materialien (ausgenommen Pflanzen)	
Gebäude der GK 4 oder 5	Nachweis des Brandverhaltens der verwendeten Materialien (ausgenommen Pflanzen)	minimaler vertikaler Schutzabstand der Begrünung zu brennbarer Dachkonstruktion 1,0 m
	Kein weiterer Nachweis, wenn	Fassadenbegrünung maximal dreigeschossig <b>oder</b>
		wenn zwischen den Geschoßen eine Brandschutzabschottung aus einem durchgehenden Profil aus Stahlblech (Mindestdicke 1 mm) oder brandschutztechnisch Gleichwertigem, das mindestens 20 cm auskragt, ausgeführt ist <b>oder</b>
		ein vertikaler Schutzabstand zu darunter liegenden Fensteröffnungen von mindestens 1,0 m vorliegt, <b>sonst</b>
		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)
Gebäude mehr als GK 5	Einzelfallprüfung	

Tabelle 9-2: brandschutztechnische Anforderungen an fassadengebundene hinterlüftete Systeme, abhängig von der Gebäudeklasse

Unabhängig von der Gebäudeklasse sind auch bei dieser Gruppe die Fassadenbegrünungen 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. Falls größere Pflanzflächen absterben (Hinweis: jahreszeitlich bedingtes Verbraunen und Einziehen von Pflanzen ist damit nicht gemeint): Umgehende Entfernung eines zu hohen und dichten oberirdischen Pflanzbestandes im vertrocknetem Zustand erforderlich.

Die MA 39 darf betonen, dass diese Tabellen Vorschläge für die zukünftige Praxisanwendung der vorliegenden Studienergebnisse darstellen, eine Abstimmung mit den FachexpertInnen, insbesondere mit jenen der MA 37 – KSB (Kompetenzstelle Brandschutz der Wiener Baupolizei) ist unerlässlich.

## 10 Verzeichnisse

### 10.1 Literaturverzeichnis

[1] Bühn, Sabrina, Prüfung der Entflammbarkeit von Kletterpflanzen am Kriterium des Verhaltens lebender Pflanzenteile bei kritischen Temperaturen, Bakkalaureatsarbeit am Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau an der Universität für Bodenkultur, Wien, 2017

[2] Urban Heat Islands, Strategieplan Wien, Magistrat der Stadt Wien, Wiener Umweltschutzabteilung – Magistratsabteilung 22, Wien, 2015

[3] Köhler, Manfred (Herausgeber), Handbuch Bauwerksbegrünung. Planung-Konstruktion-Ausführung, Rudolf Müller, Köln, 2012

[4] Conrads, Julian, Status quo zur Begrünung von Glasfassaden und zur nachträglichen Gebäudeisolierung am Beispiel Universitätsgebäude Muthgasse I der BOKU Wien, Masterarbeit am Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau an der Universität für Bodenkultur, Wien, 2018

[5] Pfoser, Nicole; Jenner, Nathalie; Heinrich, Johanna; Heusinger, Jannik; Weber, Stephan, Gebäude, Begrünung und Energie: Potenziale und Wechselwirkungen, Interdisziplinärer Leitfaden, Bonn, 2014

[6] Pfoser, Nicole, Fassade und Pflanze. Potenziale einer neuen Fassadengestaltung, Dissertation, Technische Universität Darmstadt, 2016

[7] Minke, Gernot, Witter, Gottfried, Häuser mit grünem Pelz. Ein Handbuch zur Hausbegrünung, Fricke, Frankfurt/Main, 1983

[8] Köhler, Manfred, Fassaden- und Dachbegrünung, 34 Tabellen, Ulmer, Stuttgart, 1993

[9] Brämer, Rainer, Studien zur Natur-Beziehung in der Hightech-Welt. Grün tut uns gut, Daten und Fakten zur Renaturierung des Hightech- Menschen, 2008

[10] Leitfaden Fassadenbegrünung, Magistrat der Stadt Wien, Wiener Umweltschutzabteilung – Magistratsabteilung 22, Wien, 2013

[11] Liesecke, Krupka, Lösken, Brüggemann, Grundlagen der Dachbegrünung: zur Planung, Ausführung und Unterhaltung von Extensivbegrünungen und einfachen Intensivbegrünungen, Berlin, 1989

[12] 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 2018]

[13] Bericht über Brand im Schloss Ebenzweier, abgerufen unter <http://www.fireworld.at/berichte/details/news/ooe-erstinfo-harmloser-baumbrand-endet-in-grossfeuer-auf-schlosses-edenzweier-dzt-16-wehren-im-ein/> [22. November 2018]

[14] Bericht über Brand im Schloss Ebenzweier, abgerufen unter <https://kurier.at/chronik/oberoesterreich/grossbrand-in-schloss-ebenzweier-in-altmuenster-einsatz-koennte-eine-woche-dauern/198.076.998> [22. November 2018]

[15] Kotthoff, Ingolf; Bart, Bernd; Wiederkehr, Reinhard, Holzanwendung im Fassadenbereich, Naturbrandversuche in Merkers, Leipzig, 2003

[16] 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

[17] OIB-Richtlinie 2: Brandschutz, OIB-330.2-011/15, Österreichisches Institut für Bautechnik, Wien, 2015

[18] OIB-Richtlinie 2.3: Brandschutz bei Gebäuden mit einem Fluchtniveau von mehr als 22 m, OIB-330.2-014/15, Österreichisches Institut für Bautechnik, Wien, 2015

[19] ÖNORM B 3800-5: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, Teil 5: Brandverhalten von Fassaden - Anforderungen, Prüfungen und Beurteilungen, Austrian Standards Institute, Wien, 2013

[20] OIB-Richtlinien, Begriffsbestimmungen, OIB-330-014/15, Österreichisches Institut für Bautechnik, Wien, 2015

[21] Pichlhöfer, Stefan, Brandverhalten von Kletterpflanzen in Bezug auf Fassadenbegrünungen, Bakkalaureatsarbeit am Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau an der Universität für Bodenkultur, Wien, 2016

## 10.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Efeu am Prüfstand der MA 39 vor der Fassadenbrandprüfung.....	3
Abbildung 1-2: kurzzeitige vertikale Brandweiterleitung während der Brandprüfung .....	3
Figure 2-1: Ivy on the test bench of the MA 39 before the facade fire test.....	7
Figure 2-2: short-term vertical fire propagation during the fire test .....	7
Abbildung 3-1: Abendliches Thermalbild der Stadt Wien und des Umlandes (aus [2]) .....	9
Abbildung 4-1: Brandhäufigkeit von Kletterpflanzen nach Art/Typ [12] .....	14
Abbildung 4-2: Brand des Schlosses Ebenzweier [13].....	15
Abbildung 4-3: Brand des Schlosses Ebenzweier [13].....	15
Abbildung 5-1: Gebäude der MA 48 in Wien 5., Einsiedlergasse [10] .....	16
Abbildung 5-2: bodengebundene Fassadenbegrünung mit linearer Kletterhilfe .....	18
Abbildung 5-3: bodengebundene Fassadenbegrünung mit flächiger Kletterhilfe.....	18
Abbildung 6-1: Brandszenarien an der Fassade [15].....	19
Abbildung 6-2: Isothermenverlauf des Temperaturfeldes bei einem Ausbrand eines Raumbrandes auf die Fassade (ohne und mit Windeinfluss bei vorhandener Querlüftung) [16] .....	20
Abbildung 7-1: Einbringen von Pflanzen-teilen in den Muffelofen [21].....	23
Abbildung 7-2: Mitbrand von Pflanzenteilen im Muffelofen [21] .....	23
Abbildung 7-3: Ansicht des Fassadenprüfstandes, Maße in mm (aus [19]) .....	26
Abbildung 7-4: Lage der Thermoelemente, Maße in mm (aus [19]).....	27
Abbildung 7-5: Temperaturverläufe, Versuch Efeu ohne Rankhilfe .....	32
Abbildung 7-6: Efeu am Prüfstand der MA 39 vor der Fassadenbrandprüfung.....	33
Abbildung 7-7: kurzzeitige vertikale Brandweiterleitung während der Brandprüfung .....	33
Abbildung 7-8: Fassadenbegrünung zum Ende der Prüfung .....	33
Abbildung 7-9: Fassadenbegrünung nach der Prüfung – keine seitliche Brandweiterleitung erkennbar .....	33
Abbildung 7-10: Anordnung der Rankhilfe am breiten Probeflügel (links) und am schmalen Probeflügel (rechts) .....	34
Abbildung 7-11: Temperaturverläufe, Versuch 2 .....	37
Abbildung 7-12: Montage der Rankhilfe am Prüfstand .....	38
Abbildung 7-13: Montage der Pflanzen (links: <i>Parthenocissus tricuspidata</i> , rechts: <i>Akebia quinata</i> ) auf der Rankhilfe .....	38



Abbildung 7-14: Fassadenbegrünung zu Beginn der Prüfung .....	39
Abbildung 7-15: Durchzündungseffekt nach 9 Minuten und 5 Sekunden Versuchsdauer .....	39
Abbildung 7-16: Fassadenbegrünung zum Ende der Prüfung .....	39
Abbildung 7-17: Fassadenbegrünung nach der Prüfung .....	39
Abbildung 7-18: Temperaturverläufe, Versuch 3 .....	42
Abbildung 7-19: Fassadenbegrünung unmittelbar beim Start des Versuches .....	44
Abbildung 7-20: Probekörper nach ca. 5 Minuten Versuchsdauer.....	44
Abbildung 7-21: Fassadenbegrünung während des Versuches (Versuchsdauer 12 Minuten – Maximum des Krippenbrandes).....	44
Abbildung 7-22: Fassadenbegrünung nach der Prüfung .....	44
Abbildung 7-23: Temperaturverläufe, Versuch 3 .....	48
Abbildung 7-24: Grünfassade vor der Fassadenbrandprüfung .....	49
Abbildung 7-25: Abstand von 60 cm oberhalb der Brandkammer .....	49
Abbildung 7-26: kurzzeitiger Durchzündungseffekt an der Grünfassade .....	49
Abbildung 7-27: Maximum des Holzkrippenbrandes nach ca. 12 Minuten Versuchsdauer .....	49
Abbildung 7-28: Fassadenbegrünung nach einer Versuchsdauer von 24 Minuten .....	50
Abbildung 7-29: Fassadenbegrünung zum Ende der Prüfung .....	50
Abbildung 9-1: Lineare Brandschutz-elemente zur Verhinderung einer Brandweiterleitung, Objekt MA 48 [10] .....	53
Abbildung 9-2: Fassadenbegrünung mit geschoßweise angeordneten Brandschutz- elementen, Objekt MA 48 [10].....	53
Abbildung 9-3: Systemskizzen möglicher zukünftiger Fassadenbegrünungsanordnungen an Gebäuden.....	56

### 10.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 6-1: Brandschutzbestimmungen für Fassadenbegrünungen bei unterschiedlichen Gebäudeklassen.....	21
Tabelle 8-1: Übersichtstabelle der Versuchsergebnisse.....	51
Tabelle 9-1: brandschutztechnische Anforderungen an Kletterpflanzen mit/ohne Rankhilfe, abhängig von der Gebäudeklasse.....	55
Tabelle 9-2: brandschutztechnische Anforderungen an fassadengebundene hinterlüftete Systeme, abhängig von der Gebäudeklasse.....	57