



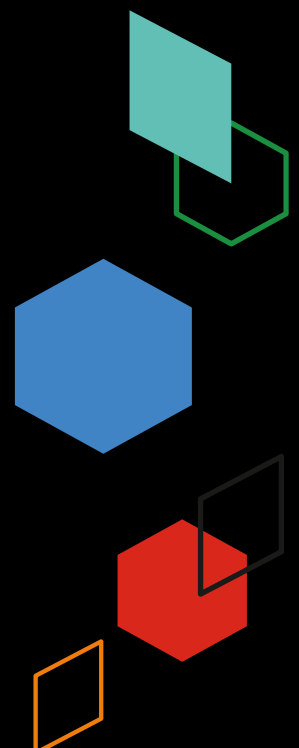
# Großmaßstäblicher Versuch zum Brandverhalten einer begrünten Holzaußenwandbekleidung

Brandversuch in Anlehnung an DIN 4102-20

Bearbeitet von:  
Robert Westphal  
Linda Zauper

Berlin, den 15.12.2022

hhpberlin  
Ingenieure für Brandschutz GmbH  
Otto-Ostrowski-Straße 5  
10249 Berlin





## Kurzfassung

Die Begrünung der Gebäudehülle erfreut sich zunehmender Beliebtheit. Neben der temperaturregulierenden Eigenschaft, der akustisch dämpfenden Wirkung und der Bindung von Feinstaub tragen Fassadenbegrünungen zu einem harmonischen Stadtbild bei. Gleichzeitig erlebt auch der Holzbau einen Aufschwung, sodass unser Ingenieurbüro vermehrt zur brandschutztechnischen Bewertung begrünter Holzfassaden angefragt wird.

Bislang sind keine Brandversuche an einer begrünten Holzfassade in der Literatur beschrieben. Zur orientierenden Einschätzung des Brandverhaltens wurde daher ein Fassadenbrandversuch in Anlehnung an DIN 4102-20 durchgeführt. Die geschlossene und hinterlüftete Holzaußenwandbekleidung wurde entsprechend der Muster-Holzbaurichtlinie mit Brandsperren ausgeführt. Der Abstand der flächigen, bodengebundenen Fassadenbegrünung (nichtbrennbare Wuchskonstruktion) betrug 170 mm zur Holzaußenwandbekleidung. Als Pflanzen wurden Kiwi (*Actinidia arguta* 'Geneva') und Kriechspindel (*Euonymus fortunei* 'Coloratus') in vitalem, gut gepflegtem Zustand untersucht.

Als wesentliche Erkenntnisse wurde festgestellt, dass die vorgesezte Fassadenbegrünung nicht zu einer unkontrollierten vertikalen Brandausbreitung auf der Holzaußenwandbekleidung führte. Die Begrünung zündete mehrfach für wenige Sekunden durch. Die horizontale Flammenausbreitung beschränkte sich auf den Primärbrandbereich. Die brennende Holzaußenwandbekleidung entzündete mehrmals die Begrünung, die brennende Begrünung aber nie die Holzaußenwandbekleidung, wodurch es nicht zu einer vorzeitigen vertikalen Brandausbreitung über die Brandsperre kam. Die Brandsperren der Holzaußenwandbekleidung behielten ihre Funktion.

## Abstract

Greening of the building envelope is becoming increasingly popular. In addition to the temperature-regulating and acoustic-dampening effects and the binding of fine dust, green facades contribute to a harmonious cityscape. At the same time, timber construction is experiencing an upswing and our engineering office is increasingly being asked to evaluate greened timber façades in terms of their performance under fire conditions.

So far, no fire tests on greened timber façades have been described in literature. For an initial assessment of their fire behaviour, a façade fire test was carried out in accordance with the German standard DIN 4102-20. The closed and rear-ventilated cladding of the timber façade was designed with fire stops in accordance with the general timber construction guideline (Muster-Holzbaurichtlinie). The distance of the ground-based façade greening (supported by a non-combustible trellis) was 170 mm from the timber façade. The plants examined were Hardy Kiwi (*Actinidia arguta* 'Geneva') and Purple Wintercreeper (*Euonymus fortunei* 'Coloratus') in well-maintained condition.

The main findings were that the greenery in front of the façade did not lead to uncontrolled vertical fire spread on the wooden façade. The greening ignited several times for a few seconds. The horizontal flame spread was basically limited to the width of the combustion chamber of the test rig. The burning timber façade ignited the greenery several times, but burning greenery never ignited the timber façade, which meant that there was no premature vertical fire spread across fire barriers. The fire barriers of the wooden facade retained their function.



## Inhalt

<b>1</b>	<b>Hintergrund und Zielsetzung .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Versuchsaufbau .....</b>	<b>5</b>
2.1	Versuchsstand .....	5
2.2	Holzaußenwandbekleidung .....	5
2.3	Begrünung .....	6
2.4	Messtechnik .....	7
<b>3</b>	<b>Versuchsablauf .....</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Versuchsbeobachtungen .....</b>	<b>9</b>
4.1	Brandverhalten der Holzaußenwandbekleidung .....	10
4.2	Brandverhalten der Begrünung .....	10
4.3	Löschbarkeit .....	11
<b>5</b>	<b>Probekörper nach dem Versuch .....</b>	<b>12</b>
5.1	Holzaußenwandbekleidung .....	12
5.2	Begrünung .....	12
<b>6</b>	<b>Diskussion und Zusammenfassung .....</b>	<b>14</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>15</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>16</b>
	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>17</b>
	<b>Anhang .....</b>	<b>18</b>
A.	Aufbau Holzaußenwandbekleidung .....	18
B.	Fotodokumentation vor Versuchsbeginn .....	23
C.	Fotodokumentation während Versuch .....	24
D.	Fotodokumentation nach Versuchsende .....	25
E.	Temperaturmessungen .....	27



# 1 Hintergrund und Zielsetzung

Unsere Welt unterliegt Veränderungen, die einen Einfluss auf Städte und deren Bauweise haben. Die zunehmende Urbanisierung führt zu immer dichter bebauten Städten, um dem Wohnraummangel gerecht zu werden. Zeitgleich erfordern die Herausforderungen des Klimawandels ein Umdenken in der Baubranche. Dabei überzeugt insbesondere die Holzbauweise durch die Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen, der CO<sub>2</sub>-Speicherung in der Konstruktion und kurzen Bauzeiten durch den hohen Grad an möglicher Vorfertigung. Zugleich bietet sich die Holzbauweise durch ihr geringes Eigengewicht insbesondere zur Aufstockung von Bestandsgebäuden an, wenn im innerstädtischen Bereich freie Grundstücksflächen begrenzt sind.

Neben dem Baustoff Holz rücken auch Fassadenbegrünungen immer mehr in den Fokus der Politik und der Bauherren. Eine dichtere Bebauung und allgemein steigende Temperaturen führen dazu, dass Städte immer mehr dem Wärmeinseleffekt ausgesetzt sind. Vor allem im Sommer können dicht bebaute Gebiete nachts nur wenig auskühlen, was zu einer allgemeinen Verschlechterung des Stadtklimas und zu einer Steigerung des Energiebedarfs und der Kosten zur Kühlung von Gebäuden führt. Die Begrünung von Gebäuden hat ein großes Potenzial, den zuvor genannten Problemen entgegenzuwirken. Begrünte Flächen vermindern das Aufheizen von Außenwänden und Dächern durch die Sonneneinstrahlung. Sie bilden eine Art Schutzschild für die Gebäudehülle und wirken durch Kondensationseffekte kühlend. Pflanzen dienen als CO<sub>2</sub>-Speicher erhöhen durch Verdunstung die Luftfeuchtigkeit, binden Feinstaub und sorgen somit für die Verbesserung der Luftqualität. Sie haben eine akustisch dämpfende Wirkung und bieten neue Möglichkeiten für Ökosysteme und die Artenvielfalt innerhalb von Städten. Im Allgemeinen führen Grünflächen zu einem harmonischeren Stadtbild und zur Verbesserung des Wohlbefindens in urbanen Räumen.

Dachbegrünungen sind bereits recht verbreitet. Diese konkurrieren jedoch mit den technischen Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien wie beispielsweise Photovoltaik- oder Solarthermieanlagen. Um jedoch die zuvor erläuterten positiven Effekte zu verstärken, müssen deutlich größere Flächen zur Begrünung verfügbar gemacht werden. So scheint es nur logisch, auch Fassaden zur Begrünung zu nutzen. Viele Städte haben dies erkannt und fördern und/oder planen eine Pflicht zur anteiligen Bepflanzung von Fassaden bei Neubauten.

Mit einer begrünten Holzfassade verbindet man die zahlreichen zuvor genannten Vorteile beider Fassadenarten. Eine vorgehängte Außenwandbekleidung aus Holz kann beispielsweise mit einer partiellen, vorgesetzten Fassadenbegrünung kombiniert werden. Zeitgleich wirkt die Kombination zweier nachwachsender Rohstoffe auf den Außenstehende besonders nachhaltig.

Doch für die Planung und Ausführung einer begrünten Holzaußenwandbekleidung gibt es bisher nur wenig Erfahrungswerke. Mit diesem Forschungsvorhaben sollen erste Erkenntnisse zur brandschutztechnischen Bewertung gesammelt werden. Dafür wurde ein orientierender Brandversuch durchgeführt, welcher eine Einschätzung des Brandverhaltens einer begrünten Holzaußenwandbekleidung ermöglicht. Von besonderem Interesse war dabei insbesondere die Auswirkung von überwachsenen Brandsperren der Holzaußenwandbekleidung auf das Brandverhalten der Fassadenkonstruktion.

## 2 Versuchsaufbau

### 2.1 Versuchsstand

Der Versuch wurde am Fassadenprüfstand der MPFA Leipzig in der Brandprüfstelle Laue durchgeführt. Der nach DIN 4102-20 [1] ausgeführte Versuchsstand ist 6 m hoch und besteht aus einem langen und einem kurzen Schenkel in L-förmiger Anordnung aus Kalksandstein (Abbildung 1). Der lange Schenkel ist 2,43 m breit, die Brennkammer mit einer Höhe und Breite von 1 m und einer Tiefe von 0,8 m ist dort mittig platziert. Die Breite des kurzen Schenkels beträgt 1,5 m. Als Prüffeuher diente ein Gasbrenner mit einer Wärmefreisetzungsrate von 340 kW, welcher in der Brennkammer platziert ist. Der Versuchsstand steht in einem Brandraum ( $L \times B \times H = 7,5 \text{ m} \times 3,6 \text{ m} \times 7,0 \text{ m}$ ) mit einem geöffneten Rolltor als Zuluftöffnung ( $B \times H = 3,1 \text{ m} \times 3,0 \text{ m}$ ). Die Rauchgase werden über eine Deckenöffnung oberhalb des Versuchsstandes ( $L \times B \times H = 3,0 \text{ m} \times 1,0 \text{ m} \times 2,0 \text{ m}$ ) abgeführt.

Abweichend zur DIN 4102-20 wurde die Brandkammer in die Mitte des langen Schenkels versetzt. Ziel war es, eine möglichst homogene und ungestörte Fassade zu errichten, um das Zusammenwirken zwischen Begrünung und Holzaußenwandbekleidung besser zu erkennen.

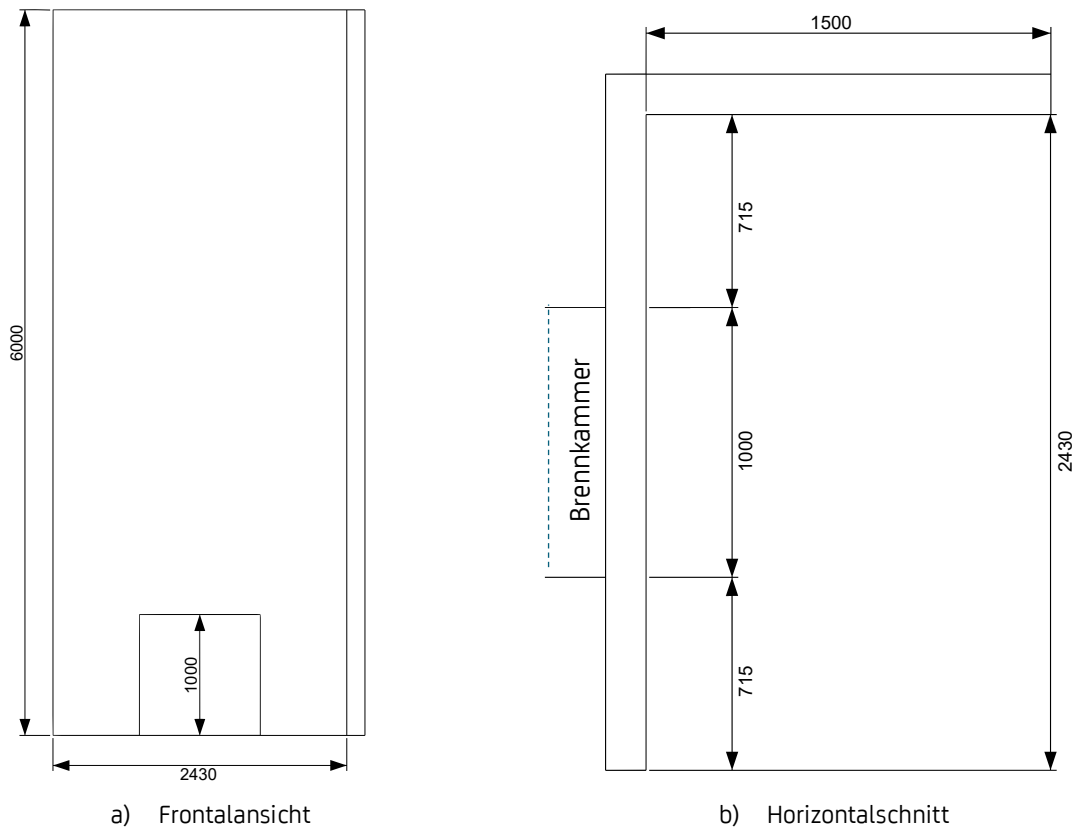


Abbildung 1: Skizze des Fassadenprüfstandes nach DIN 4102-20 der MPFA Leipzig.

### 2.2 Holzaußenwandbekleidung

Die hinterlüftete Holzaußenwandbekleidung wurde mit formschlüssiger Nut/Feder-Schalung aus Rauspund Fichte entsprechend M-Holz-Bau-RL [2] ausgeführt. Nur der lange Prüfstandflügel wurde bekleidet. Die horizontal ausgerichtete Schalung wurde auf einer 30 mm tiefen, vertikalen Traglattung befestigt. Sturz und Leibung der Brennkammer wurden mit 0,8 mm dicker Blechverkleidung ausgeführt.



Schalung und Traglattung wurden in 1,75 m und 4,55 m Höhe durch 50 mm auskragenden Brandsperren aus 2 mm dickem Stahlblech unterbrochen. Somit konnte die Brandausbreitung über ein komplettes Vollgeschoss von 2,8 m Höhe beobachtet werden. Abweichend zu den Anforderungen aus [2] wurden die Brandsperren mit einem horizontalen Abstand der Befestigungsmittel von 500 mm ausgeführt.

Bemaßte Pläne und Detailzeichnungen sind in Anhang A aufgeführt.

### 2.3 Begrünung

Für den Versuch wurde eine bodengebundene, flächige Begrünung an einer Wuchskonstruktion gewählt. Das Rankgitter aus Edelstahl hatte einen Abstand von ca. 170 mm zur Oberfläche der Holzaußenwandbekleidung und war mit insgesamt neun Konsolen am Prüfstand montiert.

Als Begrünung wurde *Actinidia arguta* 'Geneva' (Kiwi) und *Euonymus fortunei* 'Coloratus' (Kriechspindel) verwendet. Die Pflanzen wurden als vorgezogene Heckenelemente (jeweils 1,80 m Höhe und 1,20 m Breite) einen Tag vor dem Brandversuch an der Wuchskonstruktion des Prüfstandes befestigt, um einen vitalen Zustand zu gewährleisten. Die Kiwi wurde auf der linken und die Kriechspindel auf der rechten Prüfstandseite verteilt, siehe Abbildung 2 a). Im Bereich der Brandsperren der Holzaußenwandbekleidung wurde die Begrünung ohne Unterbrechung über diese geführt, siehe Abbildung 2 b). In Abbildung 2 c) ist der Abstand zwischen Wuchskonstruktion mit Begrünung und Fassadenoberfläche dargestellt.

Informationen zu Wassergehalt und Begrünungsdichte sind in Tabelle 1 aufgeführt. Der Wassergehalt wurde mittels Darrtrocknung nach Gleichung (1) bestimmt, wofür die Pflanzenmasse am Versuchstag unmittelbar vor Versuchsbeginn aus der Wuchskonstruktion entnommen wurde. Als Begrünungsdichte wird hier die Pflanzenmasse je Quadratmeter Rankgitterfläche bezeichnet.

Tabelle 1 Ermittelte Materialfeuchte und Begrünungsdichte für Kiwi und Kriechspindel.

		Kiwi	Kriechspindel
Materialfeuchte	[%]	337	162
Begrünungsdichte	[kg/m <sup>2</sup> ]	1,02	2,49

$$u = \frac{m_{feucht} - m_{trocken}}{m_{trocken}} \cdot 100 \quad (1)$$

Dabei ist  $u$  die Materialfeuchte in %  
 $m_{feucht}$  die Masse der vitalen Begrünung in kg  
 $m_{trocken}$  die Masse der darrgetrockneten Begrünung in kg.



a) Links bis zur Mitte der Brennkammer Kiwi, rechts Kriechspindel



b) Detailaufnahme der Brandsperre, hier im Bereich der Kriechspindel



c) Abstand der Begrünung zur Holzaußenwandbekleidung, hier Kiwi

Abbildung 2: Prüfstand mit Begrünung und Detailaufnahmen von Brandsperre und Abstand zwischen Begrünung und Holzaußenwandbekleidung.

## 2.4 Messtechnik

Insgesamt waren 88 Mantelthermoelemente (MTE) vom Typ K mit 3 mm Durchmesser über den Prüfstand verteilt. Die Temperaturaufzeichnung erfolgte alle 10 s in zwei Messebenen, siehe Abbildung 3. In der Fassadenebene waren im 20 mm Abstand zur Holzaußenwandbekleidung 57 MTE verteilt. Die zweite Messebene lag in der Wuchskonstruktion bei ca. 170 mm Abstand zur Holzaußenwandbekleidung, dort wurden 31 MTE installiert. In Abbildung 4 sind beispielhaft zwei Messstellen in den jeweiligen Ebenen dargestellt. Das Messraster kann Abbildung 14 aus Anhang A entnommen werden.

Zusätzlich erfolgte eine Videodokumentation mit Infrarot- und Videokamera.

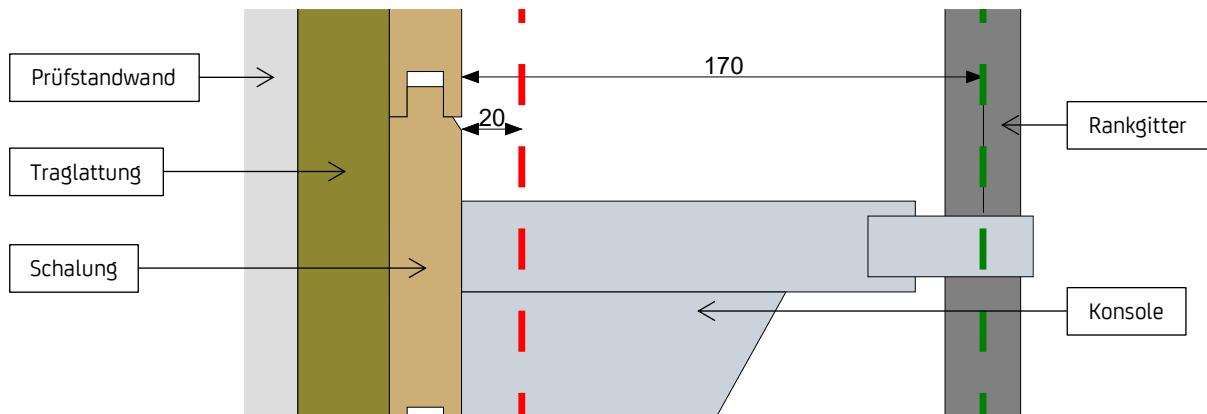
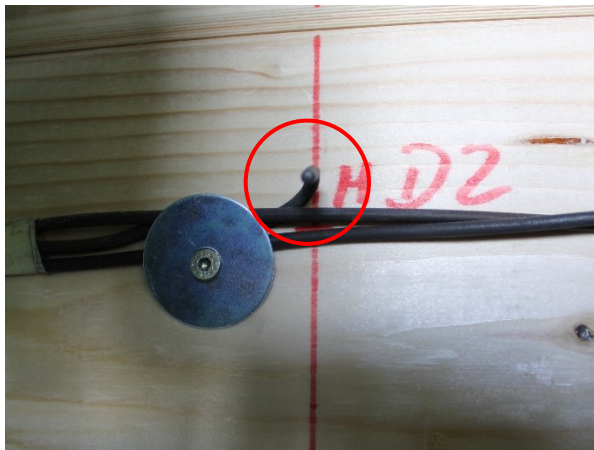
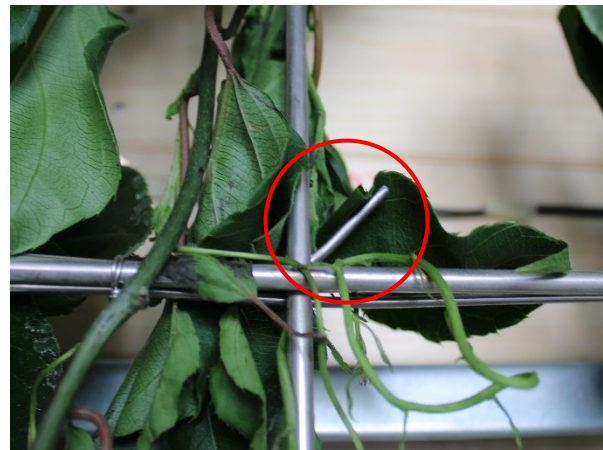


Abbildung 3: Skizze der zwei Messebenen 20 mm vor der Holzaußenwandbekleidung (rot strichliert) und in der Wuchskonstruktion (grün strichliert).



a) MTE in Fassadenebene



b) MTE in Begrünungsebene

Abbildung 4: Beispielhafte Darstellung zweier Messtellen in Fassadenebene (20 mm vor Holzaußenwandbekleidung) und Begrünungsebene, jeweils rot umkreist.

### 3 Versuchsablauf

Nach Aufbau der Holzaußenwandbekleidung erfolgte die Installation der Messtechnik. Um einen vitalen Zustand der Pflanzen zu gewährleisten, wurden die Begrünung möglichst zeitnah zum Start des Brandversuches am Vortag an den Prüfstand montiert. Zur Bestimmung des Feuchtegehaltes fand die Probenentnahme aus der Begrünung unmittelbar vor dem Brandversuch statt.

Der Brandversuch erfolgte am 30. Juni 2022. Die Temperatur betrug an diesem Tag 24°C bei einer Windgeschwindigkeit von 0,1 – 0,5 m/s aus östlicher Richtung, 53% Luftfeuchtigkeit und einem Luftdruck von 1026 hPa [3].

Nach einer 20-minütigen Beflammung durch den Gasbrenner wurde die Brandausbreitung für weitere 50 Minuten beobachtet. Anschließend wurde der Prüfstand abgelöscht. Nachdem alle Messstellen eine Temperatur < 50°C erreicht hatten, endete der Versuch.





## 4 Versuchsbeobachtungen

Die Beobachtungen während des Versuches sind in Tabelle 2 aufgeführt. Zusätzlich ist im Anhang C der Versuchsablauf als Fotoreihe dokumentiert.

Tabelle 2: Dokumentation der Versuchsbeobachtungen

hh:mm:ss	Beobachtung
00:00:00	Zündung Gasbrenner
00:00:05	Flammen bis 2 m oberhalb der Brennkammer
00:00:50	Flammen bis 3 m oberhalb der Brennkammer
00:01:00	Flammen für 20 s ca. 30 cm über zweiter Brandsperre
00:01:20	Vermeehrt Abfallen verbrannter Triebe der Begrünung aus dem Primärbrandbereich
00:01:33	Brennendes Abfallen kleinerer Teile der Begrünung
00:01:35	Flammen bis 2 m oberhalb der Brennkammer
00:01:47	Strohfeuer Kriechspindel mittig von 2 m oberhalb der Brennkammer bis oberes Prüfstandende, ca. 10 s, keine Auswirkung auf Holzaußenwandbekleidung erkennbar
00:02:32	Strohfeuer Kriechspindel rechts von 1 m oberhalb der Brennkammer bis oberes Prüfstandende, ca. 20 s, keine Auswirkung auf Holzaußenwandbekleidung erkennbar
00:02:48	Flammen bis 1 m oberhalb der Brennkammer
00:04:56	Strohfeuer Kriechspindel rechts von 1 m oberhalb der Brennkammer bis oberes Prüfstandende, ca. 16 s, keine Auswirkung auf Holzaußenwandbekleidung erkennbar
00:05:22	Strohfeuer Kiwi links von Brennkammersturz bis 2 m, ca. 5 s, keine Auswirkung auf Holzaußenwandbekleidung erkennbar
00:06:21	Strohfeuer Kriechspindel rechts von Brennkammersturz bis 3,5 m oberhalb der Brennkammer, ca. 8 s, keine Auswirkung auf Holzaußenwandbekleidung erkennbar
00:10:18	Nichtbrennendes Abtropfen der geschmolzenen Sturzausbildung
00:11:30	Holzbekleidung unmittelbar über der ersten Brandsperre entzündet sich, linke Seite
00:12:05	Strohfeuer Kriechspindel rechts von 0,5 m oberhalb der Brennkammer bis 2 m, ca. 16 s, keine Auswirkung auf Holzaußenwandbekleidung erkennbar
00:13:33	Brennendes Abfallen mit Sekundärbrand von 30 s mittig vor Brennkammer, ca. 10 cm <sup>2</sup>
00:20:00	Gasbrenner aus
00:32:40	Flammen der Holzaußenwandbekleidung auf 2 m oberhalb der Brennkammer erreichen zweite Brandsperre
00:41:50	Überlaufen der Brandsperre mit Flammenausbreitung auf Holzaußenwandbekleidung bis oberes Prüfstandende mittig
00:42:19	Strohfeuer Kiwi links von 3 m oberhalb der Brennkammer bis oberes Prüfstandende, ca. 11 s, gezündet durch brennende Holzaußenwandbekleidung auf gleicher Höhe
00:43:32	Flammen bis kurz über zweite Brandsperre
00:43:46	Abfallen mehrerer Stücke glühender Holzaußenwandbekleidung aus bereits verbranntem Bereich
00:47:02	Abfallen mehrerer Stücke glühender Holzaußenwandbekleidung aus bereits verbranntem Bereich
00:51:39	Kleine Flammen schlagen aus Hinterlüftungsspalt am oberen Prüfstandende
00:55:30	Abfallen mehrerer Stücke glühender Holzaußenwandbekleidung aus bereits verbranntem Bereich
00:55:44	Entzündung der Holzaußenwandbekleidung in der unteren Ecke der Brennkammer durch zuvor abgefallene, glühende Stücke, Selbstverlöschen nach 4 min 11 s, Flammenlänge über die gesamte Zeit unter 25 cm gemessen von der unteren Prüfstandkante

---

01:09:57	Beginn Brandbekämpfung
01:12:09	Letzte Wasserabgabe zum Löschen der letzten Glutnester
01:16:00	Versuchsende, Temperaturen an allen Messtellen < 50°C

---

#### 4.1 Brandverhalten der Holzaußenwandbekleidung

Unmittelbar nach Zündung des Brenners erfolgte eine Flammenausbreitung über das gesamte beobachtete Vollgeschoss bis ca. 300 mm über die zweiten Brandsperre. Die Flammen von etwa 4 m Länge hielten jedoch nur kurz an, bereits in der dritten Versuchsminute reichten die Flammenspitzen auf der Holzaußenwandbekleidung nur noch 2 m über den Brennkammersturz. Bis zum Ausschalten des Brenners betrug die Flammenhöhe der Holzaußenwandbekleidung zwischen 1 und 2 m oberhalb der Brennkammer. In der 33. Versuchsminute erreichten die Flammen die zweite Brandsperre, in der 42. Versuchsminute wurde diese mit einer Flammenausbreitung bis zum oberen Prüfstandende überlaufen. Der Verlauf der Flammenhöhe ist in Abbildung 5 dargestellt. Dieser weicht teilweise von dem zuvor geschilderten Verlauf ab, da ebenfalls Durchzündungen der Begrünung berücksichtigt sind.

Ab der 44. Versuchsmethode kam es zum Abfallen glühender Kohlestücke. In der 56. Versuchsminute entzündeten die abgefallenen, glühenden Kohlestücke die Holzaußenwandbekleidung am unteren Prüfstandende links der Brennkammer. Der Sekundärbrand verlösch nach 4:11 Minuten selbstständig, die maximale Flammenlänge betrug 25 cm.

Eine Flammenausbreitung von Begrünung auf die Holzaußenwandbekleidung wurde zu keinem Zeitpunkt beobachtet. Die brennende Holzaußenwandbekleidung entzündete jedoch einige Male die Begrünung.

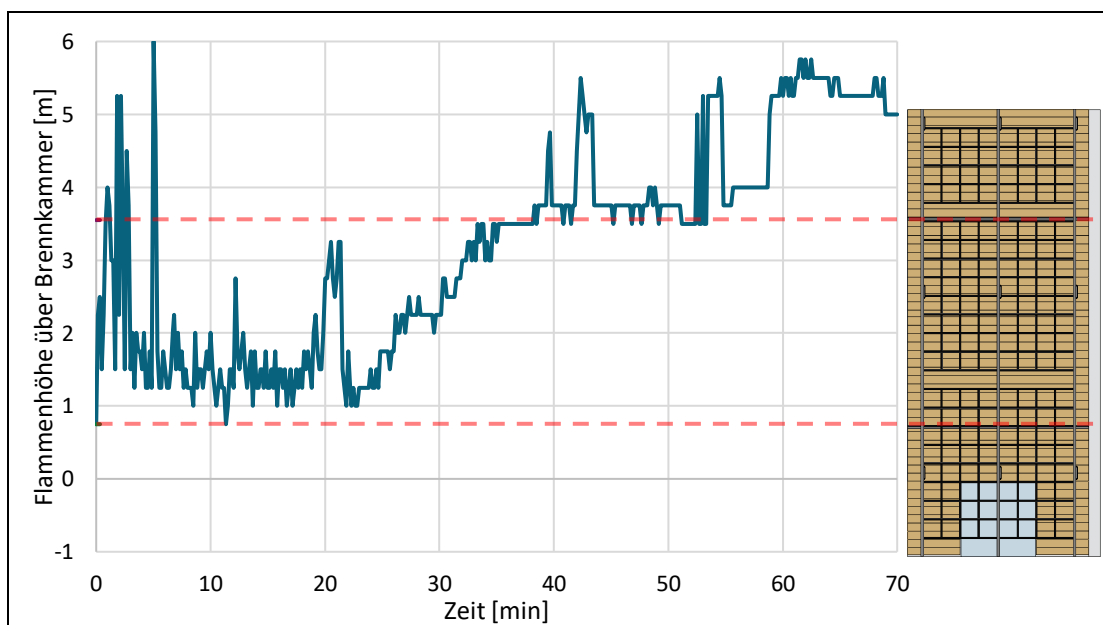


Abbildung 5: Zeitlicher Verlauf der Flammenhöhe oberhalb der Brennkammer. Die kurzzeitigen Peaks zeigen die Durchzündungen der Begrünung. Die Höhe der Brandsperren ist rot markiert.

#### 4.2 Brandverhalten der Begrünung

Sowohl bei Kiwi als auch Kriechspindel kam es zu strohfeuerartigen, vertikalen Durchzündungen, welche bis zu 20 s andauerten. Bedingt durch die geringere Begrünungsdichte und der damit geringeren Brandlast der

Kiwi waren die Durchzündungen dort weniger stark ausgeprägt. Die Pflanzenteile entzündeten sich erst nach Vortrocknung durch den Primärbrand, ein Mitbrennen vitaler Pflanzenteile außerhalb der direkten Flammenwirkung war für Kiwi und Kriechspindel nicht festzustellen. Brennendes Abfallen beschränkte sich auf einzelne, schnell verlöschende Triebe (< 50 mm) ohne Sekundärbrand.

Erwartungsgemäß erfolgte die Brandausbreitung in der Begrünung über die Brandsperren der Holzaußenwandbekleidung hinweg. Bereits bei der ersten Durchzündung in der zweiten Versuchsminute brannte die Begrünung von 2 m oberhalb der Brennkammer bis zum oberen Prüfstandende. Die maximale vertikale Brandausbreitung über insgesamt 4 m wurde in der fünften Versuchsminute bei einer Durchzündung von 1 m oberhalb der Brennkammer bis zum oberen Prüfstandende beobachtet. Die vertikale Brandausbreitung wurde hierbei durch die versuchsbedingte maximale Prüfstandhöhe von 6 m begrenzt. In Abbildung 6 sind Detailaufnahmen zum Zeitpunkt der Brandausbreitung über die zweiten Brandsperre in der fünften Versuchsminute aufgeführt. Die resultierende thermische Einwirkung auf die Holzaußenwandbekleidung war zwar ausreihend hoch, aber zu kurz, um diese zu entzünden oder zu verfärben. Auch bei den weiteren Durchzündungen der Begrünung konnte keine Brandausbreitung auf die Holzaußenwandbekleidung beobachtet werden.

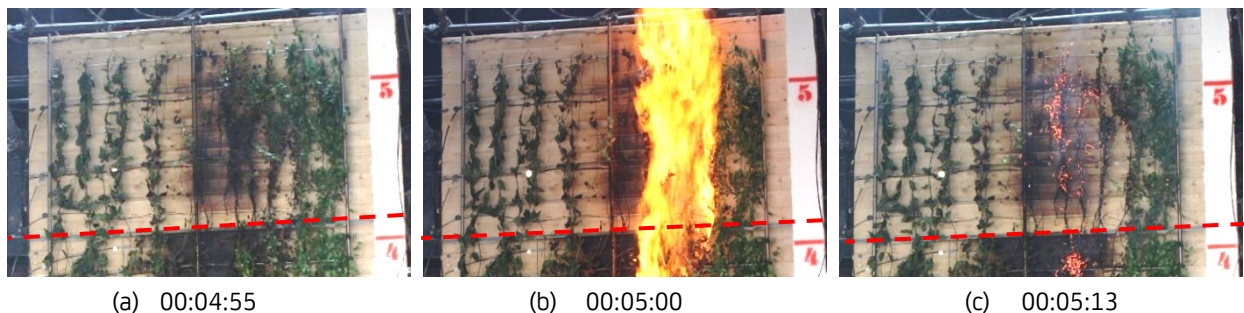


Abbildung 6: Ansicht des oberen Prüfstandbereichs zum Zeitpunkt des Strohfeuers über die zweite Brandsperre (rot strichliert markiert) in der fünften Versuchsminute. Die Verfärbung der Holzaußenwandbekleidung oberhalb der Brandsperre in Bild (a) resultierte aus den über die Brandsperre schlagenden Flammen kurz nach Versuchsbeginn.

### 4.3 Löscharbeit

Die Flammen konnten in kürzester Zeit mittels herkömmlichen Löschgeräts (C-Hohlstrahlrohr mit Netzmittel) gelöscht werden. Dabei kam es erwartungsgemäß zu starker Wasserdampfbildung und einer damit einhergehenden Sichtbehinderung im oberen Prüfstandsbereich. Die Nachlöscharbeiten beschränkten sich auf ein erneutes Ablöschen des Hinterlüftungsspalt. Dabei wurden alle Glutnester erreicht, eine Demontage der Holzverkleidung wurde nicht notwendig. Da der brennende Bereich horizontal durch die Traglattung begrenzt wurde entstanden keine Hohlräume, welche schwer erreichbar gewesen wären. Daher sind die Erkenntnisse der Nachlöscharbeiten nicht als Allgemeinfall zu betrachten.

## 5 Probekörper nach dem Versuch

Anhang D zeigt den Prüfstand nach dem Versuch.

### 5.1 Holzaußenwandbekleidung

Oberhalb der Brennkammer war die Schalung bis zur zweiten Brandsperre annähernd vollständig verbrannt, sodass in diesem Bereich die Prüfstandwand sichtbar war. Oberhalb der zweiten Brandsperre war die Schalung ebenfalls verkohlt, wobei es dort nur linksseitig zu einem Durchbrand der Holzaußenwandbekleidung kam.

Die horizontale Brandausbreitung wurde durch die vertikale Traglattung an den Seiten der Brennkammer gestoppt. Lediglich direkt unterhalb der Brandsperren verkohlte die Schalung bis zum seitlichen Ende des Prüfstands, da sich dort die heißen Brandgase stauten.

Das 0,7 mm starke Blech der Brennkammerleibung war am horizontal verlaufenden Sturz großflächig geschmolzen und zerstört. Die Blechverkleidung der vertikalen Leibung war bis auf Verfärbungen unbeschädigt (Abbildung 7 (a)).

Während die zweite Brandsperre unbeschädigt blieb, löste sich die erste Brandsperre infolge der thermischen Dehnung von der Prüfstandwand. Der maximale Abstand betrug am mittigen Befestigungsmittel der Brandsperre ca. 2,5 cm (Abbildung 7 (b)). Es sei erneut darauf hingewiesen, dass der horizontale Abstand der Befestigungsmittel abweichend von [2] 500 mm anstelle von 250 mm betrug. Da zum Zeitpunkt der Brandausbreitung auf den darüberliegenden Fassadenbereich die thermische Einwirkung hauptsächlich aus über die Brandsperre schlagende Flammen resultierte, ist anzunehmen, dass der gewählte Befestigungsabstand die Braddynamik nicht maßgeblich beeinflusste.



(a) Ansicht der Brennkammerleibung

(b) Abstand zwischen Prüfstand und Brandsperre

Abbildung 7: Ansicht der Brennkammerleibung nach dem Versuch und Abstand zwischen Prüfstand und erster Brandsperre am mittigen Befestigungsmittel.

### 5.2 Begrünung

Oberhalb der Brennkammer war die Begrünung, einige dickere Triebe ausgenommen, bis zum oberen Prüfstandende vollständig abgebrannt. Seitlich der Brennkammer war auf beiden Seiten ein ca. 50 cm breiter Streifen unverbrannter Begrünung vorhanden, die horizontale Brandausbreitung außerhalb des Primärbrandes war auf wenige Zentimeter begrenzt.

Der Übergang von vorgetrockneter zu vitaler Pflanzenmasse war deutlich ausgeprägt (Abbildung 8). Bereits in einem horizontalen Abstand seitlich zur Brennkammer von 150 mm zum Bereich direkter Einwirkung des Primärbrandes war keine Veränderung der Pflanze erkennbar. Die rote Linie in Abbildung 8 (a) markiert den

Übergang von vertrockneter/verbrannter zu vitaler Pflanzenmasse. Ähnliches Verhalten zeigt der Zustand der Begrünung auf der horizontalen Achse senkrecht zur Holzaußenwandbekleidung, siehe Ausrichtung des Gliedermaßstabs in Abbildung 8 (b). Die Durchzündung der Begrünung nach 06:21 Versuchsminuten fand nur in der Ebene zwischen Holzaußenwandbekleidung und Rankgitter statt. Die Pflanzenmasse auf der der Holzaußenwandbekleidung abgewandten Seite des Rankgitters entzündete sich nicht. Hier wurde die Begrünung nur im Spalt zwischen Fassade und Rankgitter ausreichend durch die Heißgasströmung ausgetrocknet. Die Wuchskonstruktion war nach dem Versuch bis auf Anlassfarben im Bereich direkter Flammeneinwirkung unbeschädigt.



(a) Links der roten Linie ist die Begrünung durch die thermische Belastung bereits ausgetrocknet. Auf der rechten Seite hat die Begrünung den gleichen Zustand wie vor dem Versuch.



(b) Zwischen Holzaußenwandbekleidung und Rankgitter ausgetrocknete und größtenteils verbrannte Begrünung

*Abbildung 8: Kriechspindel nach Brandversuch in rechts der Brennkammer auf 1,25 m (Abb. (a)) und 2 m (Abb. (b)) Höhe. (a) zeigt den Übergang von vertrockneter zu vitaler Pflanzenmasse horizontal seitlich zur Brennkammer, (b) zeigt den Übergang horizontal normal zur Holzoberfläche.*



## 6 Diskussion und Zusammenfassung

Der durchgeführte Brandversuch leistet einen ersten, orientierenden Beitrag zur Einschätzung des Brandverhaltens einer begrünten Holzaußenwandbekleidung. Zusätzliche Untersuchungen sind notwendig, um mögliche Wechselwirkungen zwischen brennender Holzaußenwandbekleidung und Fassadenbegrünung fundiert zu bewerten.

Für diesen Brandversuch wurde eine gut gepflegte, vitale Fassadenbegrünung möglichst realistisch ausgeführt. Bei mangelhafter Pflege kann unkontrolliertes Wachstum der Pflanze zu einer wesentlichen Erhöhung der Brandlast führen. Gleichzeitig ist bei geringem Feuchtegehalt mit einer erhöhten Brandausbreitungsgeschwindigkeit zu rechnen, was in einer veränderten thermischen Einwirkung auf die Holzaußenwandbekleidung resultiert.

Weiterhin haben auch die Prüfbedingungen einen wesentlichen Einfluss auf die Ergebnisse des Brandversuches. Die Prüfung nach DIN 4102-20 wurde zwar mit Hinblick auf das Szenario eines vollentwickelten Wohnungsbrandes erarbeitet, ist in der thermischen Einwirkung auf den Prüfkörper allerdings nicht mit einem Realbrand vergleichbar. Die Temperaturbeanspruchung stimmt lediglich im Sturzbereich gut überein, was für die Beurteilung der Fassadensysteme lange als hinreichend realitätsgetreu angenommen wurde. Weitere Untersuchungen der letzten Jahre ergaben, dass die Prüfbedingungen insbesondere bei Wärmedämmverbundsystemen mit EPS-Dämmstoffen nicht zur adäquaten Beurteilung des Brandverhaltens geeignet sind, weshalb eine zusätzliche Bewertung im Sockelbrandprüfverfahren notwendig ist. Auch für Fassadenbegrünungen ist zu diskutieren, inwiefern die Prüfung nach DIN 4102-20 repräsentative Ergebnisse liefert. Bevor sich die Pflanzen am Brandgeschehen beteiligen, müssen diese ausgetrocknet werden, was durch die direkte Beflammung oder heiße Rauchgase geschieht. Da die Größe des Plumes im Prüfverfahren, wie zuvor beschrieben, nicht mit Realbrandbedingungen übereinstimmt, sind die derzeitigen Prüfgrundsätze möglicherweise nicht zur Beurteilung einer Fassadenbegrünung geeignet, wenn die Austrocknung der vitalen Pflanzenteile im Realbrand deutlich schneller abläuft. Nichtsdestotrotz erlaubt die Prüfung nach DIN 4102-20 eine erste, vergleichende Bewertung des Brandverhaltens der verschiedenen Fassadenkonstruktionen.

Die durch diesen Brandversuch gewonnenen Erkenntnisse werden nachfolgend zusammengefasst:

- Vitale Pflanzenteile mussten ausgetrocknet werden, entzündeten sich dann strohfeuerartig.
- Die Brandsperren der Holzaußenwandbekleidung begrenzten die vertikale Brandausbreitung auf der Holzaußenwandbekleidung auch bei vorgesetzter Fassadenbegrünung.
- Die vertikale Brandausbreitung in der Begrünung reichte über die gesamte Prüfstandhöhe.
- Die horizontale Brandausbreitung war für Holzaußenwandbekleidung und Begrünung im Wesentlichen auf den Primärbrandbereich begrenzt.
- Die brennende Holzaußenwandbekleidung entzündete mehrmals die Begrünung.
- Die brennende Begrünung entzündete nie die Holzaußenwandbekleidung.



## Literaturverzeichnis

- [1] DIN Deutsches Institut für Normung e.V., „DIN 4102-20 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen - Teil 20: Ergänzender Nachweis für die Beurteilung des Brandverhaltens von Außenwandbekleidungen,“ Beuth Verlag GmbH, Berlin, Oktober 2017.
- [2] Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), „Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile und Außenwandbekleidungen in Holzbauweise (MHolzBauRL) Fassung Oktober 2020,“ Berlin, 2020.
- [3] MFPA Leipzig GmbH, „Untersuchungsbericht Nr. UB 3.1/22-034-1 Originalmaßstäblicher Brandversuch an einer begrünten Holzfassadenkonstruktion in Anlehnung an DIN 4102-20:2017-10,“ Leipzig, 2022.



## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Skizze des Fassadenprüfstandes nach DIN 4102-20 der MPA Leipzig .....	5
Abbildung 2: Prüfstand mit Begrünung und Detailaufnahmen von Brandsperre und Abstand zwischen Begrünung und Holzaußenwandbekleidung.....	7
Abbildung 3: Skizze der zwei Messebenen 20 mm vor der Holzaußenwandbekleidung (rot strichliert) und in der Wuchskonstruktion (grün strichliert). .....	8
Abbildung 4: Beispielhafte Darstellung zweier Messtellen in Fassadenebene (20 mm vor Holzaußenwandbekleidung) und Begrünungsebene, jeweils rot umkreist. ....	8
Abbildung 5: Zeitlicher Verlauf der Flammenhöhe oberhalb der Brennkammer. Die kurzzeitigen Peaks zeigen die Durchzündungen der Begrünung. Die Höhe der Brandsperren ist rot markiert. ....	10
Abbildung 6: Ansicht des oberen Prüfstandbereichs zum Zeitpunkt des Strohfeuers über die zweite Brandsperre (rot strichliert markiert) in der fünften Versuchsminute. Die Verfärbung der Holzaußenwandbekleidung oberhalb der Brandsperre in Bild (a) resultierte aus den über die Brandsperre schlagenden Flammen kurz nach Versuchsbeginn.....	11
Abbildung 7: Ansicht der Brennkammerleibung nach dem Versuch und Abstand zwischen Prüfstand und erster Brandsperre am mittigen Befestigungsmittel.....	12
Abbildung 8: Kriechspindel nach Brandversuch in rechts der Brennkammer auf 1,25 m (Abb. (a)) und 2 m (Abb. (b)) Höhe. (a) zeigt den Übergang von vertrockneter zu vitaler Pflanzenmasse horizontal seitlich zur Brennkammer, (b) zeigt den Übergang horizontal normal zur Holzoberfläche. ....	13
Abbildung 9: Skizze des bemaßten Prüfstandes mit Lattung der Unterkonstruktion.....	18
Abbildung 10: Skizze des bemaßten Prüfstandes mit Schalung und Brandsperren.....	19
Abbildung 11: Horizontalschnitt des Prüfstandes mit Fassadenaufbau in 0,5 m Höhe.....	20
Abbildung 12: Horizontalschnitt des Prüfstandes mit Fassadenaufbau in 2 m Höhe. Die horizontale Brandsperre auf 1,75 m Höhe ist hier ausgeblendet. ....	20
Abbildung 13: Detailansicht der Ausführung der Brandsperren. ....	21
Abbildung 14: Messstellenplan der Thermoelemente.....	22
Abbildung 15: Detailaufnahmen des Probekörpers vor Versuchsbeginn. ....	23
Abbildung 16: Videoausschnitte des Versuches als Zeitreihe im Abstand von 5 Minuten (hh:mm:ss)..	24
Abbildung 17: Probekörper nach Versuchsende.....	25
Abbildung 18: Detailaufnahmen der Brandsperren nach dem Versuch. ....	25
Abbildung 19: Abgefallene Teile verkohlter Fassadenschalung und Begrünung. Die Schädigung der Fassade in der unteren linken Brennkammerecke resultierte aus brennend abgefallenen Holzteilen und dem folgenden Sekundärbrand. ....	26
Abbildung 20: Temperaturzeitkurve für die Messtellen der Achse A, 20 mm vor der Holzaußenwandbekleidung.....	27
Abbildung 21: Temperaturzeitkurve für die Messtellen der Achse B, 20 mm vor der Holzaußenwandbekleidung.....	27





Abbildung 22 Temperaturzeitkurve für die Messtellen der Achse C, 20 mm vor der Holzaußenwandbekleidung.....	28
Abbildung 23 Temperaturzeitkurve für die Messtellen der Achse D, 20 mm vor der Holzaußenwandbekleidung.....	28
Abbildung 24 Temperaturzeitkurve für die Messtellen der Achse E, 20 mm vor der Holzaußenwandbekleidung.....	29
Abbildung 25 Temperaturzeitkurve für die Messtellen der Achse B, gemessen in der Wuchskonstruktion.....	29
Abbildung 26 Temperaturzeitkurve für die Messtellen der Achse C, gemessen in der Wuchskonstruktion.....	30
Abbildung 27 Temperaturzeitkurve für die Messtellen der Achse D, gemessen in der Wuchskonstruktion.....	30

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Ermittelte Materialfeuchte und Begrünungsdichte für Kiwi und Kriechspindel.....	6
Tabelle 2: Dokumentation der Versuchsbeobachtungen.....	9



# Anhang

## A. Aufbau Holzaußenwandbekleidung

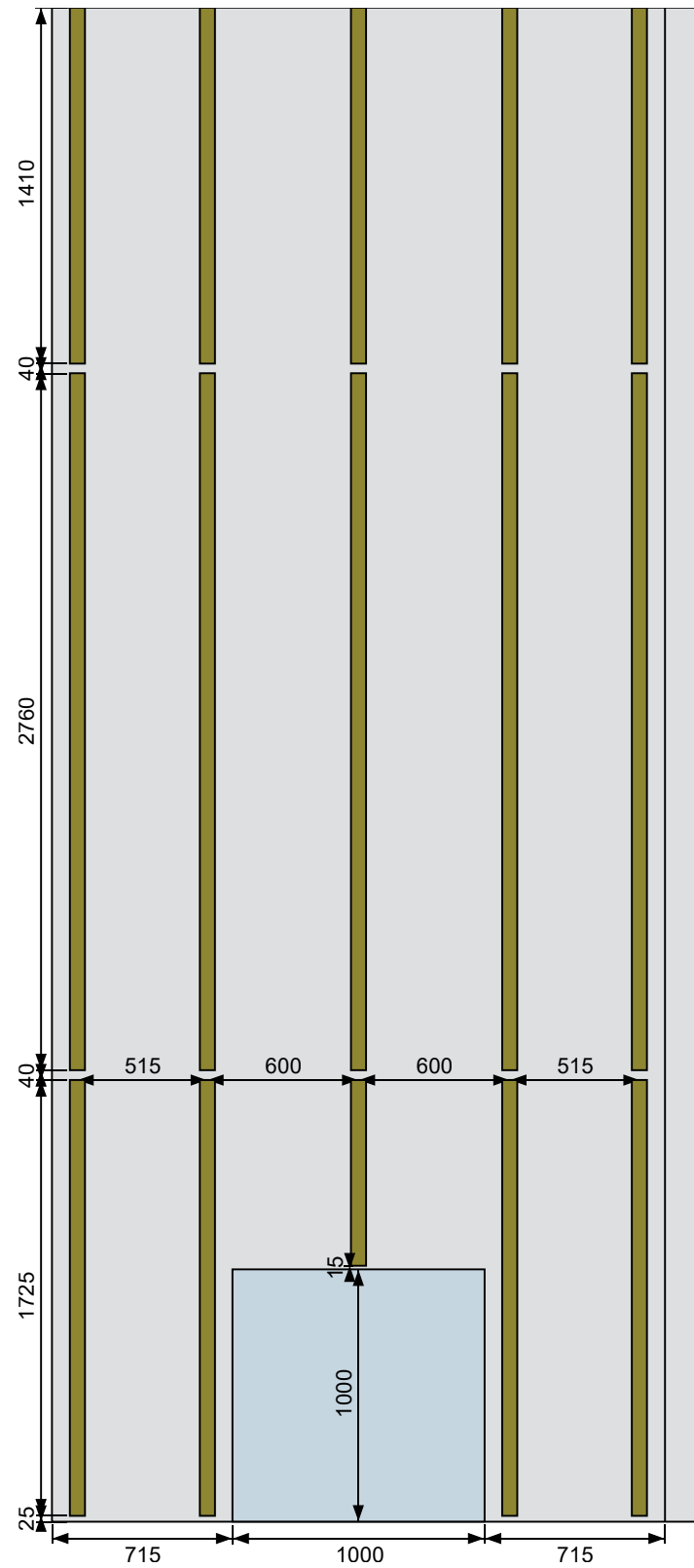


Abbildung 9: Skizze des bemaßten Prüfstandes mit Lattung der Unterkonstruktion.

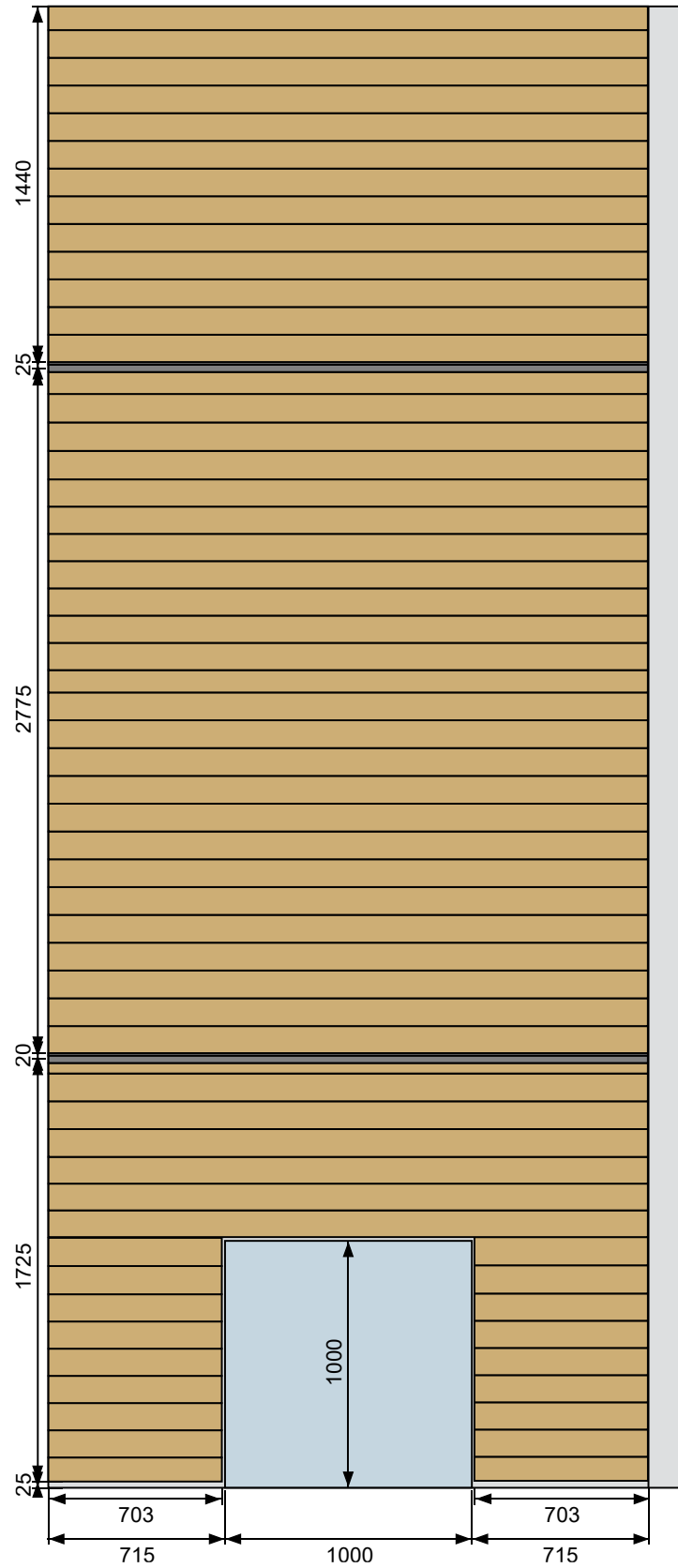


Abbildung 10: Skizze des bemaßten Prüfstandes mit Schalung und Brandsperren

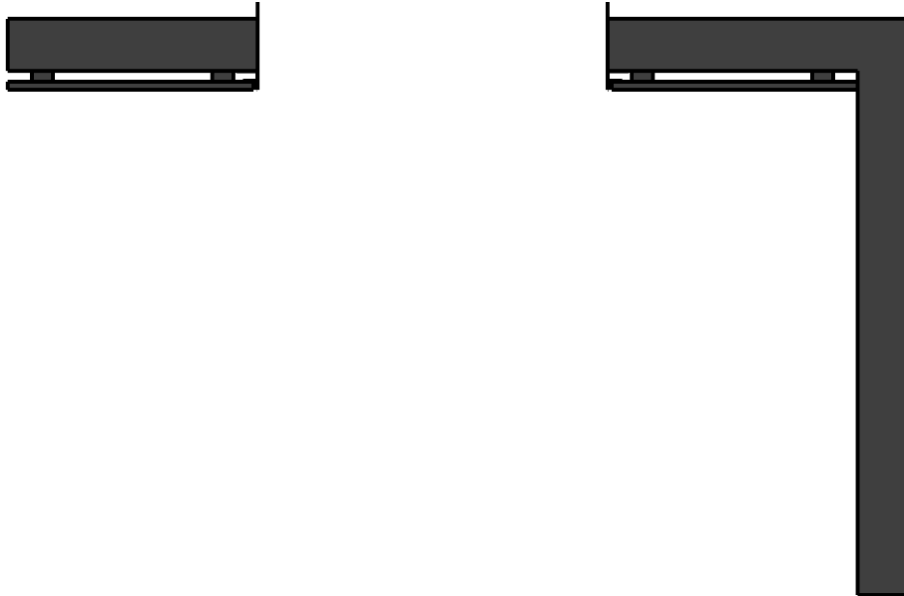


Abbildung 11: Horizontalschnitt des Prüfstandes mit Fassadenaufbau in 0,5 m Höhe.

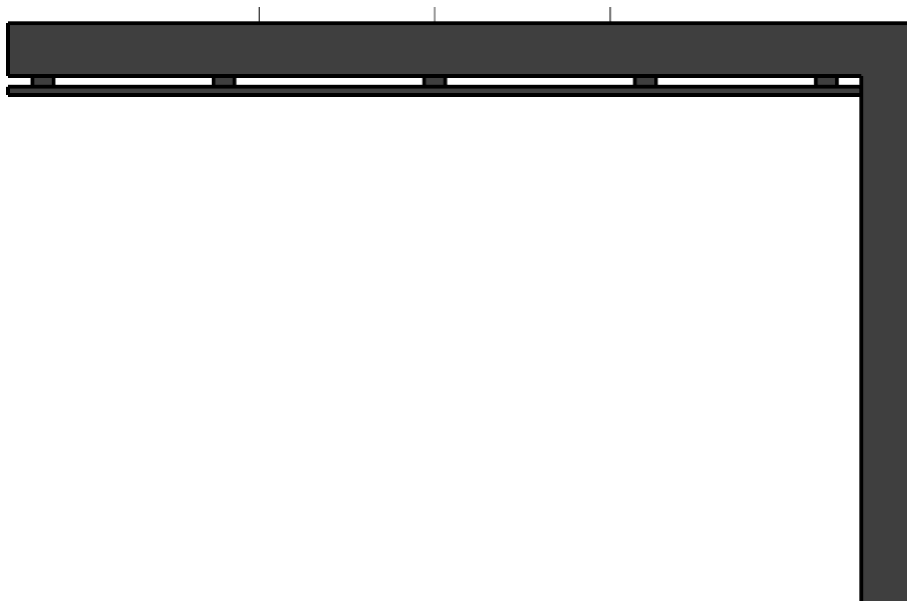


Abbildung 12: Horizontalschnitt des Prüfstandes mit Fassadenaufbau in 2 m Höhe. Die horizontale Brandsperrre auf 1,75 m Höhe ist hier ausgeblendet.

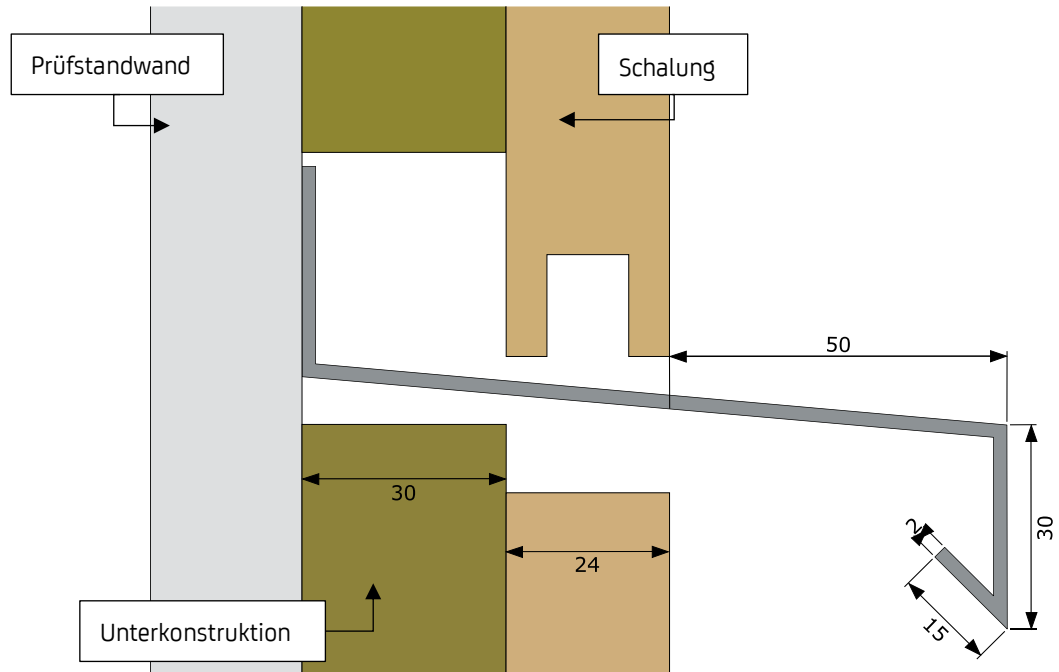


Abbildung 13: Detailansicht der Ausführung der Brandsperren.

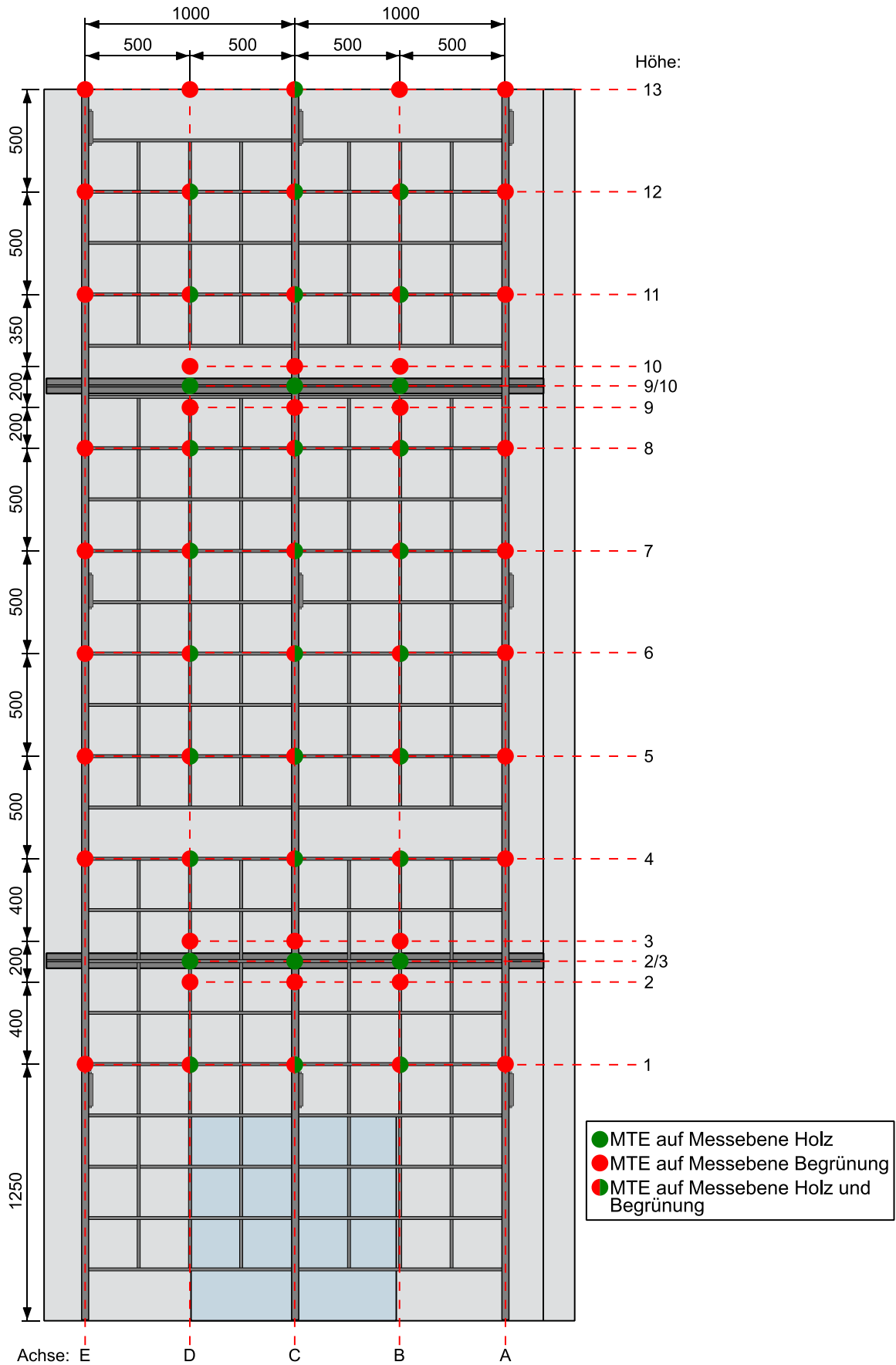


Abbildung 14 Messstellenplan der Thermoelemente.

## B. Fotodokumentation vor Versuchsbeginn



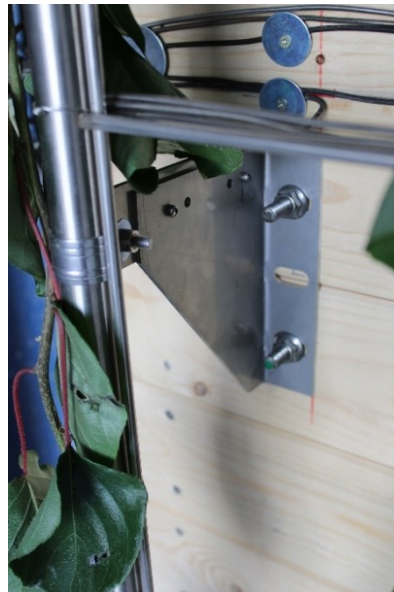
(a) Abstand zwischen Kriechspindel und auskragender Brandsperre



(b) Ansicht der begrünten Holzaußenwandbekleidung auf Höhe der ersten Brandsperre (links Kiwi, rechts Kriechspindel)



(c) Brennkammer mit Gasbrenner



(d) Konsole zur Befestigung des Rankgitters



(e) Linke Prüfstandseite mit installierten MTE

Abbildung 15: Detailaufnahmen des Probekörpers vor Versuchsbeginn.



### C. Fotodokumentation während Versuch

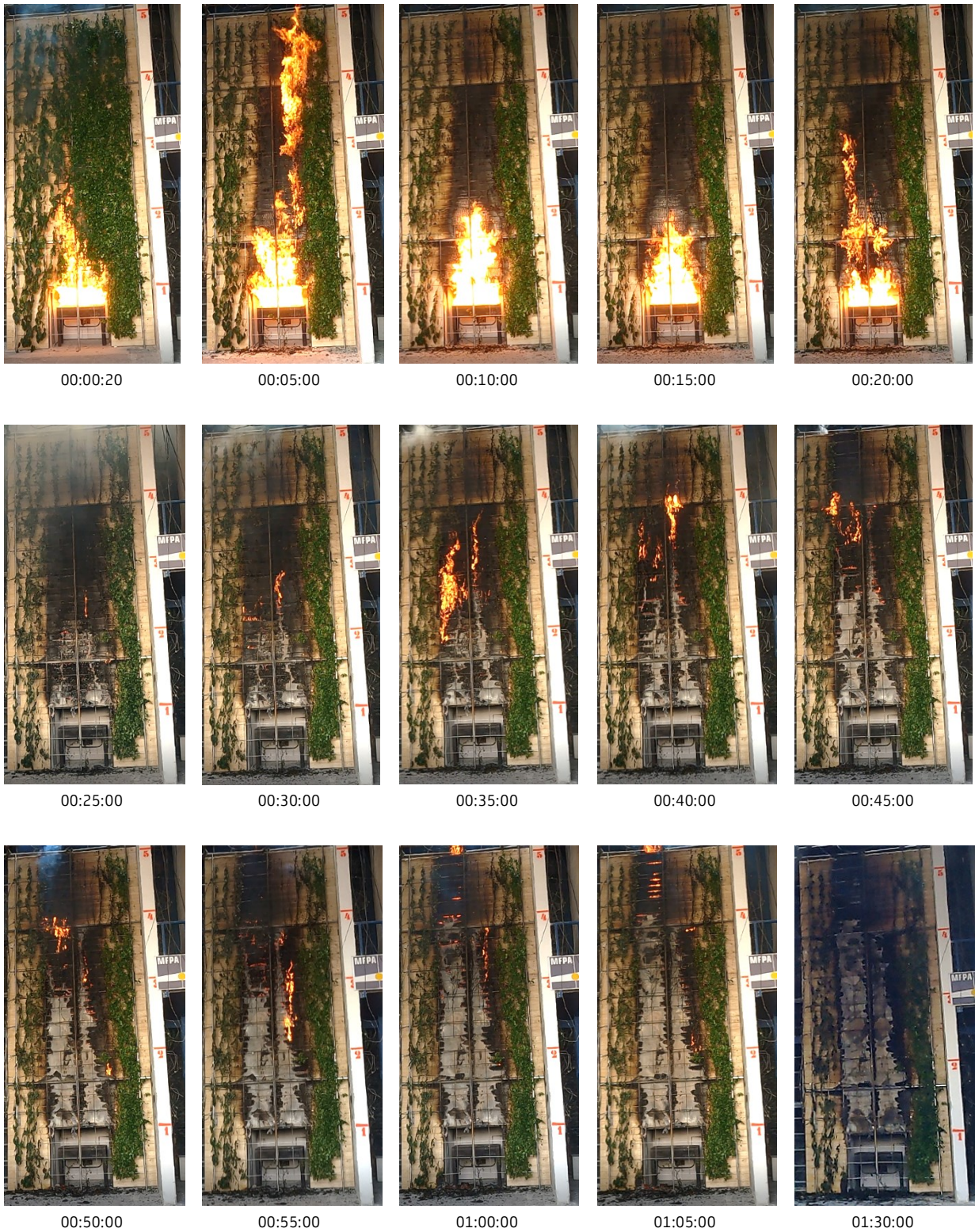


Abbildung 16: Videoausschnitte des Versuches als Zeitreihe im Abstand von 5 Minuten (hh:mm:ss).



#### D. Fotodokumentation nach Versuchsende



Abbildung 17: Probekörper nach Versuchsende.



(a) Erste Brandsperre auf 1,75 m Höhe, erkennbar ist der ca. 2,5 cm breite Spalt zwischen Brandsperre (mittig) und Prüfstandwand.



(b) Zweite Brandsperre auf 4,55 m, kein Ablösen der Brandsperre von Prüfstandwand.

Abbildung 18: Detailaufnahmen der Brandsperren nach dem Versuch.



*Abbildung 19: Abgefallene Teile verkohlter Fassadenschalung und Begrünung. Die Schädigung der Fassade in der unteren linken Brennkammerecke resultierte aus brennend abgefallenen Holzteilen und dem folgenden Sekundärbrand.*



## E. Temperaturmessungen

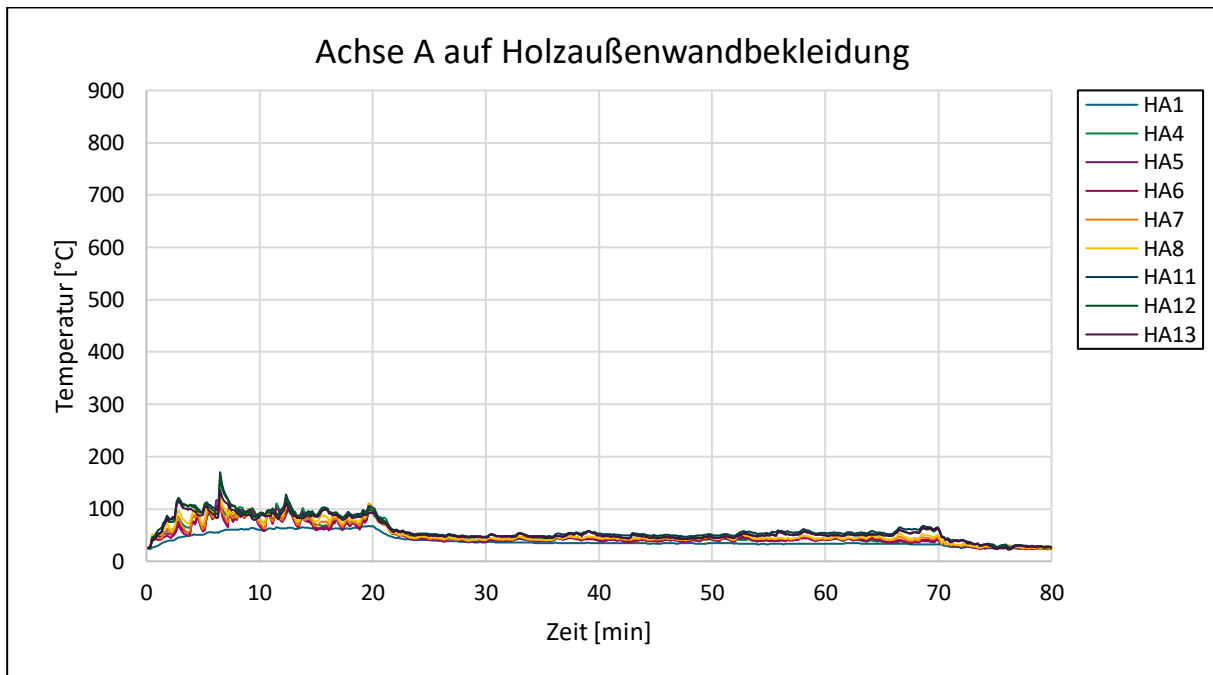


Abbildung 20 Temperaturzeitkurve für die Messtellen der Achse A, 20 mm vor der Holzaußenwandbekleidung.

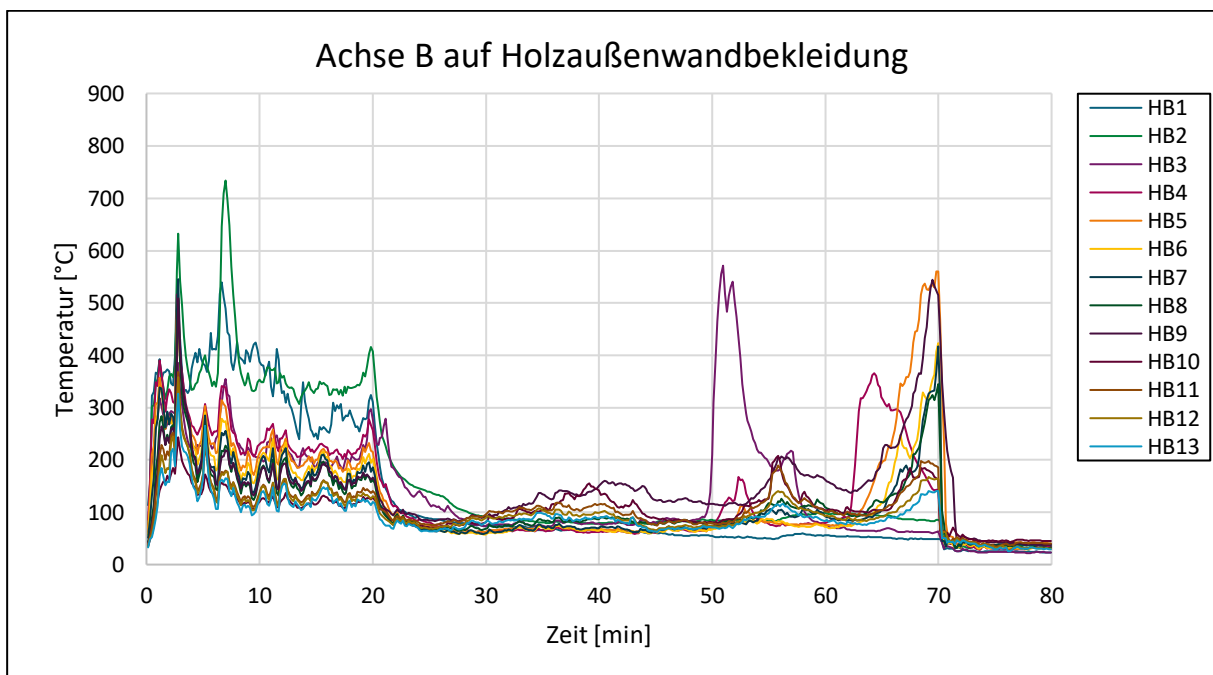


Abbildung 21 Temperaturzeitkurve für die Messtellen der Achse B, 20 mm vor der Holzaußenwandbekleidung.

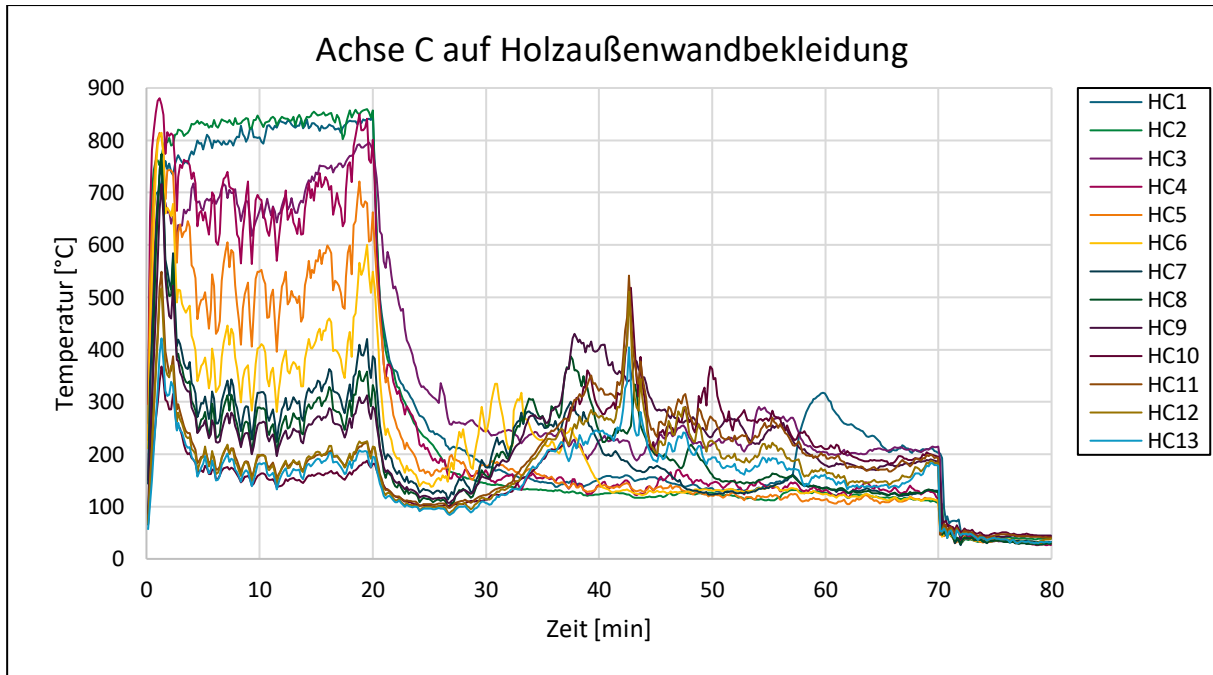


Abbildung 22 Temperaturzeitkurve für die Messtellen der Achse C, 20 mm vor der Holzaußenwandbekleidung.

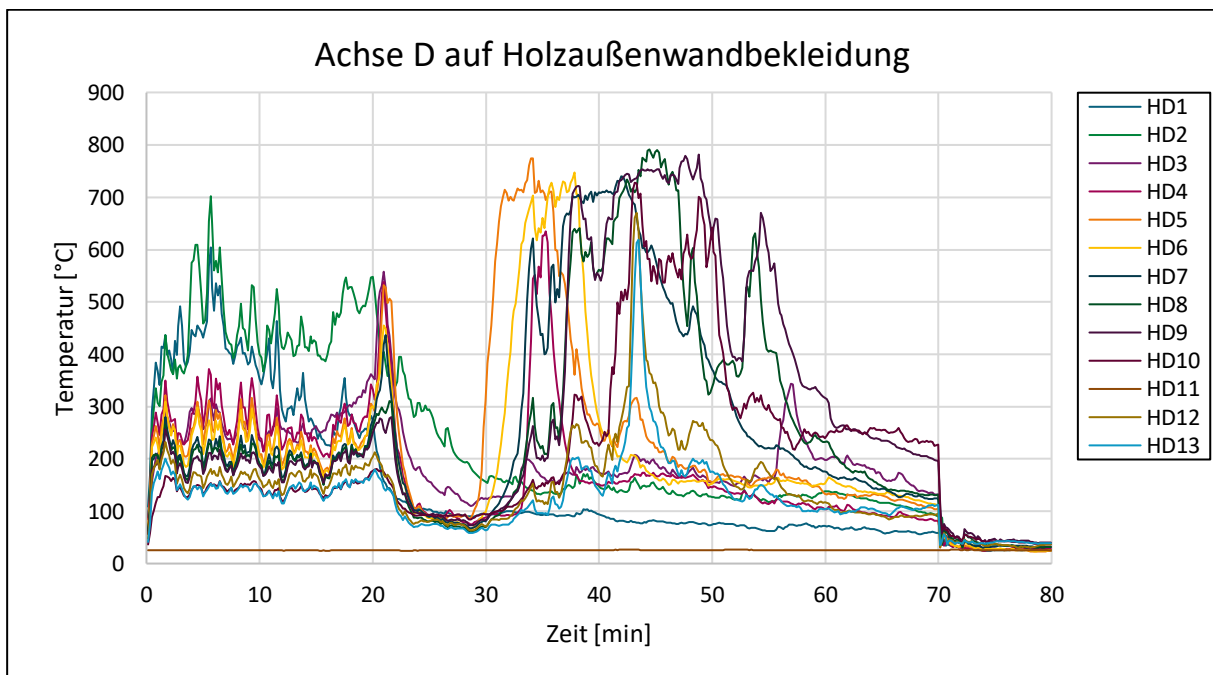


Abbildung 23 Temperaturzeitkurve für die Messtellen der Achse D, 20 mm vor der Holzaußenwandbekleidung.

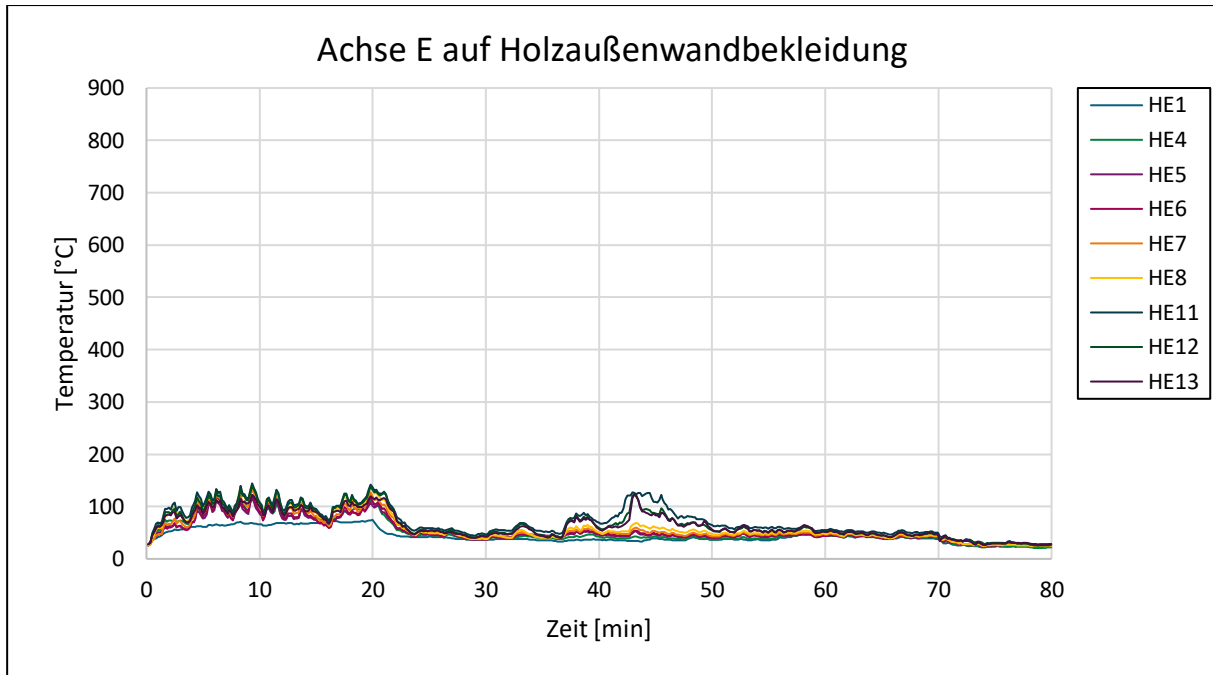


Abbildung 24 Temperaturzeitkurve für die Messtellen der Achse E, 20 mm vor der Holzaußenwandbekleidung.

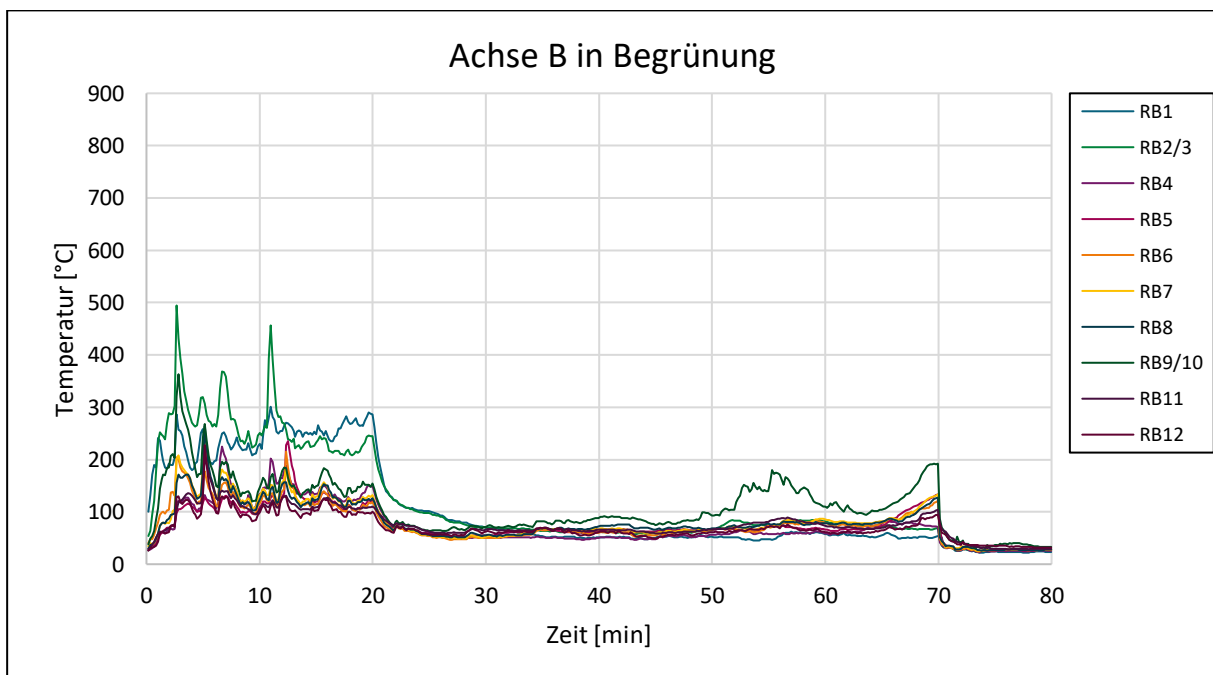


Abbildung 25 Temperaturzeitkurve für die Messtellen der Achse B, gemessen in der Wuchskonstruktion.

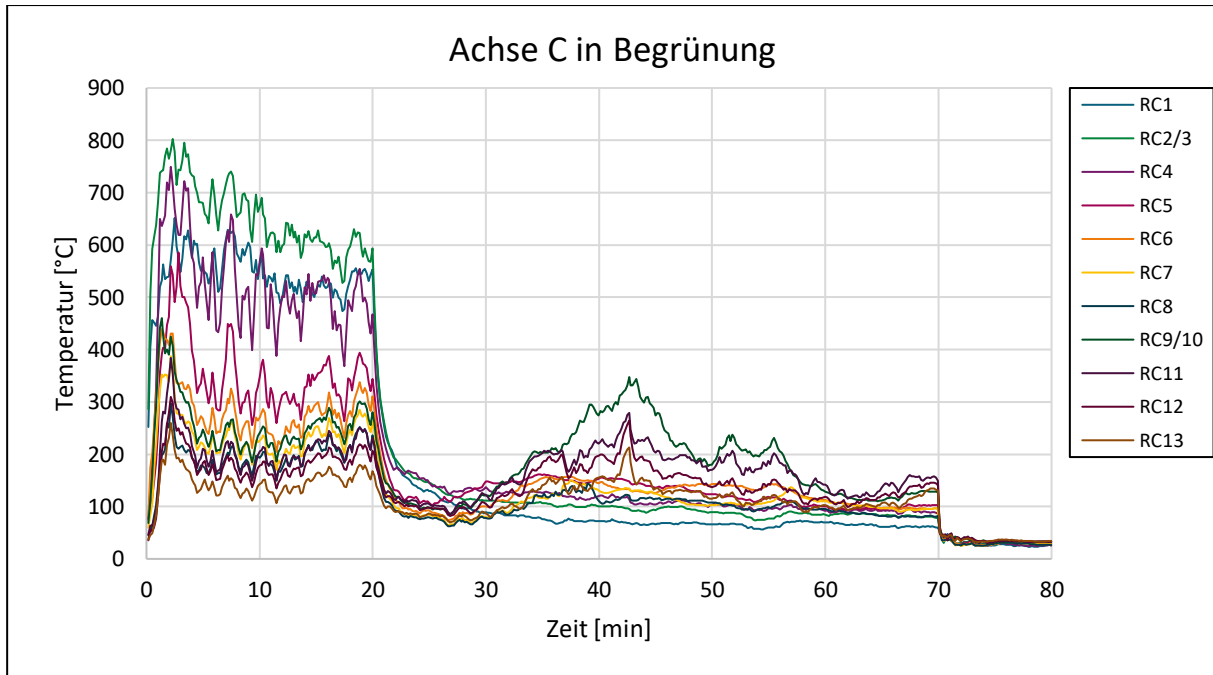


Abbildung 26 Temperaturzeitkurve für die Messtellen der Achse C, gemessen in der Wuchskonstruktion.

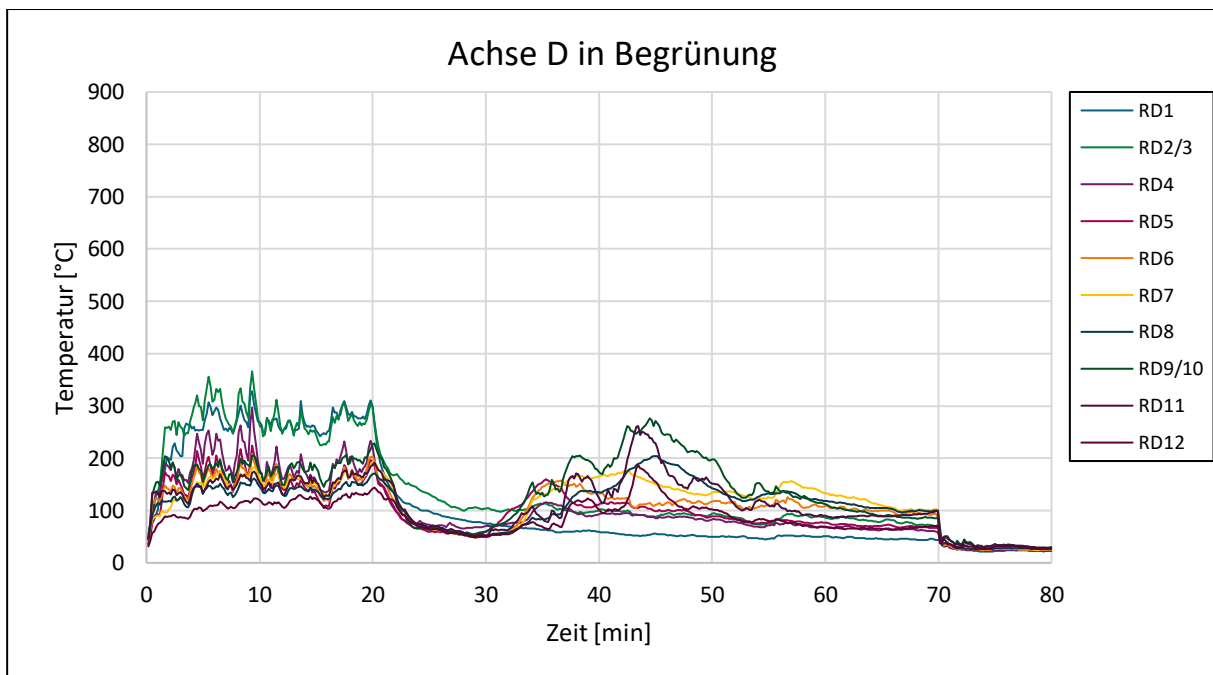


Abbildung 27 Temperaturzeitkurve für die Messtellen der Achse D, gemessen in der Wuchskonstruktion.