

Brandverhalten verschiedener Pflanzen und deren Eignung für begrünte Fassaden

Dr. Karim Ghazi Wakili
 Berner Fachhochschule BFH, Institut für Holz, Tragwerke und Architektur

1 EINLEITUNG






Nicht nur in Südostasien, sondern immer mehr auch in kälteren Regionen wie West- und Mitteleuropa breiten sich vertikale Begrünungen bzw. grüne Wände rasant aus. Das gleichzeitige Wachstum und die Verdichtung größerer Städte und deren Bedarf an Grünflächen haben diesen Trend in den letzten Jahren beschleunigt. Die Begrünung von Gebäudefassaden und vertikalen Flächen im urbanen, gewerblichen und privaten Bereich bietet gestalterische und klimatisch relevante Vorteile für Bestands- und Neubauten.

Ein großes Problem, das sich direkt auf Sicherheitsaspekte auswirkt, ist die Frage über das Verhalten von begrünten Fassaden im Brandfall. Es wird erwartet, dass insbesondere der Feuchtigkeitszustand der Pflanzen Einfluss auf deren Reaktion auf das Feuer hat. Für die vorliegende Studie wurden vier verschiedene Pflanzen aufgrund ihrer Winterhärte aus einer Vielzahl anderer Pflanzen ausgewählt, um den klimatischen Bedingungen Mitteleuropas Rechnung zu tragen.

2 DIE AUSGESUCHTEN PFLANZEN

Für die vorliegende Untersuchung wurden in einem ersten Schritt 5 verschiedene Pflanzenarten ausgewählt, die als Arten mit geringerem Wasser- und Pflegebedarf sowie Winterhärte den jährlichen klimatischen Bedingungen des Schweizer Flachlandes angepasst sind. Tabelle 1 zeigt eine Zusammenfassung der Merkmale dieser Pflanzen:

Tab.1 Die 5 Pflanzenarten, die für den ersten Schritt der Untersuchungen ausgewählt wurden.

| Pflanze | Besonnung | Erde | Winterhärte | Wuchshöhe | Aussehen |
|--------------------------|--------------|---------------------|---------------------|-----------|---|
| Sagina Subulata SS | Voll sonnig | Sandig durchlässig | 4 -34.5 to -28.9 | 3-5 cm |  |
| Scleranthus Uniflorus SU | sonnig | Trocken durchlässig | 7 -17.8 to -12.3 | 5-10 cm |  |
| Festuca Cinerea FC | Voll sonnig | Trocken durchlässig | 6 -23.4 to -17.8 | 20 cm |  |
| Carex Oshimensis CO | Halbschatten | Feucht durchlässig | 7 -17.8 to -12.3 | 20-30 cm |  |
| Festuca Gautieri FG | Voll sonnig | Trocken durchlässig | 5 -28.8 to -23.4 | 15-20 cm |  |

3 DIE MESSMETHODEN

Drei unterschiedliche, sich jedoch ergänzende Untersuchungsmethoden wurden eingesetzt, um einen Gesamtüberblick über das Verhalten der untersuchten Pflanzenarten bei Brandtemperaturen zu ermöglichen. Bei allen drei Methoden wurde der Einfluss des Feuchtigkeitsgehalts der Pflanzen als entscheidender Parameter berücksichtigt. Zunächst wurde eine bombenkalorimetrische Untersuchung durchgeführt, um die Verbrennungswärme jeder Probe zu bestimmen. In einem zweiten Schritt wurde eine Kegelkalorimetrie angewendet, um den entsprechenden Zündzeitpunkt und die Wärme-freisetzungsrates zu messen. Schließlich wurde der Einzelflammentest für in thermisch inerte Mineralwolle eingebettete Pflanzen eingesetzt, um Erkenntnisse über deren Verhalten bei direkter Flammenbeaufschlagung zu gewinnen. Da die genannten Methoden nicht spezifisch zur Untersuchung von Pflanzen entwickelt wurden, muss vorab erwähnt werden, dass für alle drei eine maximale Übereinstimmung, aber keine vollständige Einhaltung der Vorgaben der entsprechenden Standards gewährleistet werden konnte.

3.1 Wassergehalt der Pflanzen

Wie bereits erwähnt, ist der Pflanzenfeuchtigkeitsgehalt (Feuchtmass/Trockenmasse in %) der verschiedenen Pflanzenarten ein wichtiger Faktor für die Reaktion auf Brandtemperaturen. Insbesondere wie sich dieser Parameter im Laufe der Zeit ändert, nachdem die Bewässerung gestoppt wurde. Mit anderen Worten: Für die Bewertung der untersuchten Pflanzenarten ist das Brandverhalten in verschiedenen „Trocknungsstadien“ wichtig. Zu diesem Zweck wurden in regelmäßigen Abständen nach Beendigung der Bewässerung Pflanzenproben entnommen, gewogen und 72 Stunden lang bei 80 °C getrocknet. Die Differenz zwischen der anfänglichen (nassen) und der endgültigen (trockenen) Masse wurde als Feuchtigkeitsgehaltsverlust angenommen und als Prozentsatz der Trockenmasse ausgedrückt.

3.2 Bombenkalorimetrie

In einem Bombenkalorimeter findet die Verbrennung unter definierten Bedingungen statt. Dazu wird der Probehälter mit einer eingewogenen Brennstoffprobe und Brennhilfsmitteln gefüllt, die Brennstoffprobe gezündet und der Temperaturanstieg des Kalorimeters (Gesamtsystem) gemessen.

3.3 Kegelkalorimetrie

Die zeitliche Wärmefreisetzung sowie die Wärmefreisetzungsrates des zu prüfenden Produkts wird im „Kegelkalorimeter“ nach ISO 5660-1 ermittelt (ISO 5660-1: Prüfungen zum Brandverhalten von Baustoffen - Wärmefreisetzungs-, Rauchentwicklungs- und Masseverlustrate - Teil 1: Wärmefreisetzungsrates und Rauchentwicklungsrate). Die Prüfung erfolgt an genormten Prüfkörpern, die in horizontaler Ausrichtung durch einen darüber angeordneten Wärmestrahler mit konstanter Strahlungsintensität thermisch beansprucht werden. Es kommt auch ein Funkenzünder zum Einsatz. Bei den folgenden Untersuchungen wurde eine Bestrahlungsstärke von 50 kW/m² verwendet. Das Prinzip der Kegelkalorimetrie basiert auf der Messung der abnehmenden Sauerstoffkonzentration in den Verbrennungsgasen einer Probe, die einem spezifischen Wärmefluss ausgesetzt ist.

3.4 Einzelflammentest

Die Proben für diesen Test bestanden aus einem thermisch inerten Substrat (Mineralwolle) mit einer darin eingesetzten Pflanze. Die Pflanzen wurden sowohl unter normalen als auch unter reduzierten Nässebedingungen getestet, um sicherzustellen, dass das Brandverhalten der Probe im Verhältnis zur maximalen Pflanzentrockenheit (Worst Case) beurteilt wird. Insgesamt wurden 18 Proben hergestellt und untersucht. Gemäß den vorgeschriebenen Testbedingungen der ISO 11925-2:2020 wurde jede Probe 30 Sekunden lang einer Kantenzündung in einem kleinen Ofen unterzogen. Nach 30 Sekunden direkter Einwirkung der Flamme wird der Brenner entfernt und die Probe weitere 30 Sekunden lang beobachtet; danach gilt der Versuch als abgeschlossen (ISO 11925-2: Prüfungen zum Brandverhalten - Entzündbarkeit von Produkten bei direkter Flammeneinwirkung - Teil 2: Einzelflammentest).

4 DIE RESULTATE

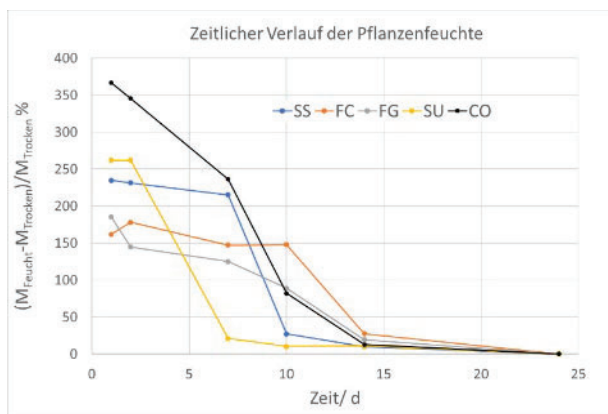


Abb. 1 Zeitlicher Verlauf der Pflanzenfeuchte nach dem Ausschalten der Bewässerung

Abbildung 1 zeigt den Verlauf des Feuchtigkeitsgehaltes jeder der fünf Pflanzenarten als Funktion der Zeit nach dem Bewässerungsstopp. Die Pflanzenarten zeigen deutliche Unterschiede in ihrem zeitlichen Verhalten. Ihr anfänglicher Feuchtigkeitsgehalt ist unterschiedlich und sie trocknen unterschiedlich schnell aus. Die beiden Arten FC und FG können ihren Feuchtigkeitsgehalt über 10 Tage hinweg relativ stabil halten. SU reagiert schneller und trocknet bereits nach 7 Tagen fast vollständig aus. Nach zwei Wochen nähern sich die Feuchtigkeitsgehalte der Pflanzen jedoch allmählich an. Es ist klar, dass diejenigen Pflanzen, die ihren Feuchtigkeitsgehalt auch nach einer Bewässerungsunterbrechung so lange wie möglich aufrechterhalten können, als widerstandsfähiger gelten und daher besser für begrünte Fassaden geeignet sind.

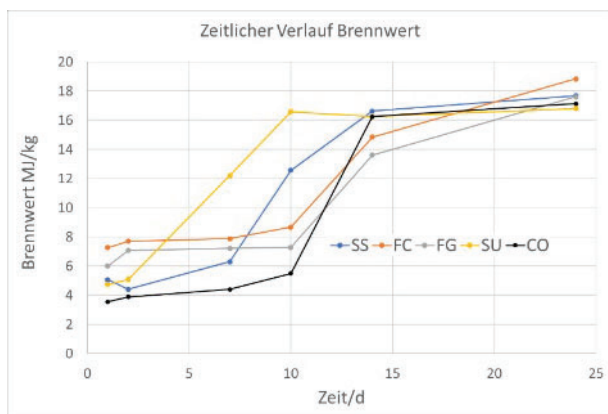


Abb. 2 Zeitlicher Verlauf des Brennwertes der Pflanzen nach dem Ausschalten der Bewässerung

Wie erwartet entwickelte sich der Brennwert der fünf Pflanzenarten unterschiedlich, nachdem die Bewässerung gestoppt wurde. Dies ist in Abbildung 2 dargestellt. Dabei zeigt sich, dass Pflanzen mit einer längeren Feuchtespeicherfähigkeit über einen längeren Zeitraum einen geringeren Heizwert haben und sich daher im Brandfall günstiger verhalten. Aufgrund dieser Erkenntnisse wurden nur drei der Pflanzenarten, nämlich CO, FG und SS, ausgewählt, um weiter in den folgenden Untersuchungen berücksichtigt zu werden.

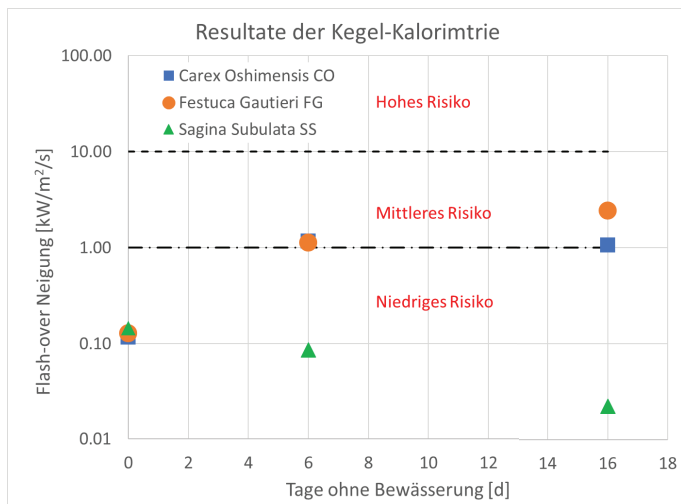


Abb. 3 Flash-over Neigung unter Verwendung der Ergebnisse der Kegelkalorimetrie

Ein wichtiger Parameter zur Quantifizierung des Brandrisiko ist die „Flash-Over-Neigung“

Flash Over Propensity = FOP = PHRR/TTI [kW/m²/s]

wobei PHRR = Spitzenwärmefreisetzungsrate [kW/m²] und TTI = Zeit bis zur Zündung [s]

Abbildung 3 zeigt diesen Parameter für die drei verschiedenen Pflanzenarten zu drei verschiedenen Zeitpunkten nach dem Ausschalten der Bewässerung, basierend auf den Ergebnissen der entsprechenden kegelkalorimetrischen Untersuchungen. Alle Messwerte liegen überwiegend im Bereich „Niedriges Risiko“- und im unteren Teil des Bereiches „Mittleres Risiko“.

Der Einzelflammentest für die drei Pflanzenarten im getrockneten Zustand lief wie folgt ab: Carex Oshimensis - Während des Tests wurde eine leichte Rauchentwicklung beobachtet. Durch die direkte Einwirkung der Flamme auf die Pflanze fallen die Blätter ab. Das durch die Flammeneinwirkung herunterfallende Material bildet für eine gewisse Zeit eine Glut. Die durch das Feuer abfallende Blätter werden nicht vollständig verbrannt und können eine neue Verbrennungsquelle darstellen. Herabfallende Blätter, die nicht vollständig verbrannt sind, brennen noch etwa 6 Sekunden lang auf der Unterseite des Messgeräts weiter (Abb. 4).



Abb. 4 Verschiedene Entzündungsstadien von getrocknetem Carex Oshimensis CO eingebettet in Mineralwolle.

Festuca Gautieri - Die Proben (normale und getrocknete Pflanzen) sind instabil, wenn sie einer indirekten Flamme ausgesetzt werden. Sie entzünden sich, wenn sich eine Flamme in der Nähe befindet. Die brennenden Abfälle wurden bei beiden Feuchtigkeitsbedingungen vollständig und schnell vom Feuer vernichtet. Die Pflanzen mit reduzierter Luftfeuchtigkeit verbrannten fast vollständig und entwickelten Flammen von mehr als 150 mm Höhe und einer Dauer von mindestens 4 Sekunden, begleitet von starker Rauchentwicklung (Abb. 5).

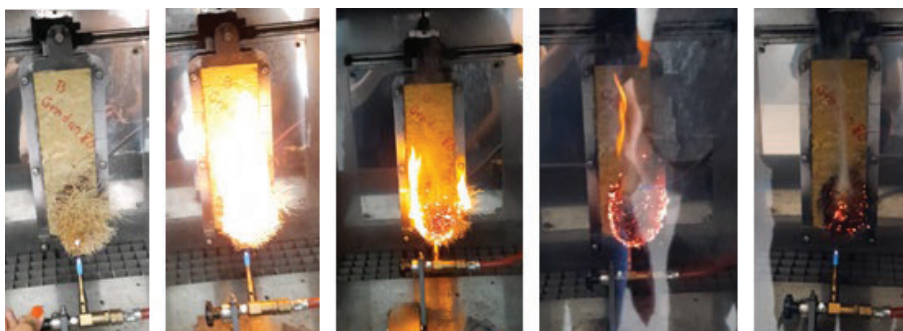


Abb. 5 *Verschiedene Entzündungsstadien von getrocknetem Festuca Gautieri FG eingebettet in Mineralwolle*

Sagina Subulata - Die Proben (normale und getrocknete Pflanzen) bildeten unter dem Einfluss einer direkten Flamme keine Flammenfront und erzeugten wenig Glut, da die Flamme nur direkt die Steinwolle erreichte und sich nicht die Pflanzen selbst schnell, sondern eine kurze (einige Sekunden) Flammenfront entwickelte. Außerdem wurde eine verstärkte Rauchentwicklung beobachtet. Es wurde auch beobachtet, dass sich die Flamme nicht in der Anlage ausbreitet, die Flammen und Glut bleiben auch bei dauerhafter äußerer Flamme lokal bestehen (Abb. 6).



Abb. 6 *Verschiedene Entzündungsstadien von getrocknetem Sagina Subulata SS, eingebettet in Mineralwolle. Nur die direkte Flamme lässt die Pflanze brennen. Nachdem die Flamme erloschen ist, brennt die Pflanze nicht weiter.*

5 DISKUSSION UND AUSSICHT

Die Brandreaktion verschiedener Pflanzen, die in begrünten Fassaden eingebaut werden sollen, wurde mit verschiedenen kalorischen und direkten Flammenmethoden untersucht und zeigte ein recht unterschiedliches Verhalten. Dies wurde für den nassen und trockenen Zustand der Pflanzenart durchgeführt. Das Risiko einer Flash-Over-Neigung ist gering bis mittel. Einige der Pflanzen weisen ein höheres Feuchtigkeitsspeichervermögen auf, was sie sowohl im Hinblick auf die Brandausbreitung als auch auf die Instandhaltung zu besseren Kandidaten für den Einsatz in lebenden Wänden macht. Dies legt eine besondere Positionierung in der Wand nahe, sodass Flächen mit leicht brennenden Pflanzen in regelmäßigen Abständen durch Bereiche mit solchen unterbrochen werden müssen, die nicht weiterbrennen, sobald die Flamme erloschen ist. Dies wird der Inhalt unserer künftigen Untersuchungen an Fassadenelementen sein.

DANKSAGUNG

An dieser Stelle ist der Innosuisse für die Finanzierung des Projektes «IN FIAMME» und der Firma Flumroc (vertreten durch Herrn Christoph Egli) als Industriepartner gedankt.