



Monitoring von Gebäudebegrünungen (Fassade)

1. Messung des Wärmestroms durch die Außenwände

Benötigte Sensoren:

- Oberflächentemperaturfühler: - außen an der Fassadenoberfläche
- im Raum an der Innenoberfläche der Außenwand

Oberflächentemperaturen gemessen in [°C]

Versuchsaufbau und Sensoranordnung:

Platzierung der Sensoren:

Oberflächentemperaturfühler außen:

- an der Fassadenoberfläche hinter einer vertikalen Begrünung,
- an der Oberfläche einer gleich orientierten, unbegrünten Referenzfassadenfläche.

Oberflächentemperaturfühler innen:

- an der Außenwand eines Raums mit begrünter Fassade,
- an der Außenwand eines Raums mit Referenzfassade ohne Begrünung.

Die Sensoren an der Außenwand sind außen und innen an der gleichen Position anzuordnen. Die Innentemperaturfühler sind in /auf der Putzschicht an mittigen Stellen der Außenwand anzubringen, wobei Einflüsse direkter Sonnenbestrahlung, von Heiz- und anderen internen Wärmequellen und von Zugluft u. dgl., zu vermeiden sind. Der vertikale Abstand zur Geländeoberfläche soll mindestens 150 cm betragen, um Strahlungseinflüsse des Bodens weitestgehend zu vermeiden.

Grundlage für messtechnische Voraussetzungen: Richtlinie VDI/VDE 3512 Blatt 1 – 4, Ausgabe 2017-03

Methode und erwartete Ergebnisse:

Gemessen wird die Temperatur, die sich unter den jeweils vorherrschenden Witterungsbedingungen, mit und ohne Einfluss der temperaturbeeinflussenden vertikalen Vegetation, an der Fassadenoberfläche einstellt.

Durch die Applizierung von Oberflächentempersensoren im Raum und an den Fassaden werden die Wärmeverluste gemessen und miteinander verglichen. Die Messungen sollen Aufschluss über den Wärmestrom an begrünten und an unbegrünten Fassadenflächen vor allem in der Heizperiode, aber auch in den Sommermonaten geben. Dazu sind begründete Fassadenabschnitte sowie die zugehörigen Referenzfassaden ohne Begrünung jeweils an einer Süd- und an einer Nordfassade auszuwählen, um den Einfluss des solaren Eintrags getrennt zu erfassen.

2. Messung der Wärmegewinne im Innenraum (Sommerfall)

Benötigte Sensoren:

- Oberflächentemperaturfühler: - außen an der Fassadenoberfläche
- im Raum an der Innenoberfläche der Außenwand

- Raumlufttemperaturfühler im Innenraum

- Raumluftfeuchtefühler im Innenraum

Oberflächen- und Raumlufttemperaturen gemessen in [°C], Raumluftfeuchte in [%] relativer Luftfeuchte.

Versuchsaufbau und Sensoranordnung:

Platzierung der Sensoren:

Oberflächentemperaturfühler außen:

- an der Fassadenoberfläche hinter einer vertikalen Begrünung,
- an der Oberfläche einer gleich orientierten, unbegrünten Referenzfassadenfläche.



Oberflächentemperaturfühler innen:

- an der Außenwand eines Raums mit begrünter Fassade,
- an der Außenwand eines Raums mit Referenzfassade ohne Begrünung.

Raumluft- und Strahlungstemperaturfühler (Globe-Thermometer) und Raumluftfeuchtefühler:

- In der Mitte des Raums, im Aufenthaltsbereich.

Die Sensoren an der Außenwand sind außen und innen an der gleichen Position anzuordnen. Die

Innentemperaturfühler sind in /auf der Putzschicht an mittigen Stellen der Außenwand, sowie der Raumlufttemperaturfühler in Raummitte, anzubringen, wobei Einflüsse direkter Sonnenbestrahlung, von Heiz- und anderen internen Wärmequellen und von Zugluft u. dgl., zu vermeiden sind. Der vertikale Abstand zur Geländeoberfläche soll mindestens 150 cm betragen, um Strahlungseinflüsse des Bodens weitestgehend zu vermeiden.

Grundlage für messtechnische Voraussetzungen: Richtlinie VDI/VDE 3512 Blatt 1 – 4, Ausgabe 2017-03

Methoden und erwartete Ergebnisse:

Mit den Oberflächentempersensoren im Raum wird der Wärmeeintrag über die Außenwand gemessen. Das Globe-Thermometer misst die operative Raumtemperatur.

Die Auswertungen der an der Außenwand außen und innen angebrachten Temperatursensoren und des Globe-Thermometers in der Raummitte ermöglichen eine Bewertung der Innenraumbehaglichkeit während einer Sommerperiode, dh. den Beitrag der Fassadenbegrünung gegen sommerliche Überwärmung.

3. Messung der Oberflächentemperatur an der Fassade

Benötigte Sensoren:

Oberflächentemperaturfühler: an der Fassadenoberfläche

Oberflächentemperaturen gemessen in [°C]

Versuchsaufbau und Sensoranordnung:

Platzierung der Sensoren:

Oberflächentemperaturfühler außen:

- an der Fassadenoberfläche hinter einer vertikalen Begrünung,
- an der Oberfläche einer gleich orientierten, unbegrünten Referenzfassadenfläche.

Methoden und erwartete Ergebnisse:

Der vertikale Abstand der Temperaturfühler zur Geländeoberfläche soll mindestens 150 cm betragen, um Strahlungseinflüsse des Bodens weitestgehend zu vermeiden.

Mit den Oberflächentempersensoren werden die Temperaturen an den Fassadenoberflächen hinter Vertikalbegrünungen und an Referenzfassaden ohne Begrünungen gemessen. Durch die Messung der Oberflächentemperatur können Rückschlüsse auf die Langlebigkeit des Fassadensystems, z.B. aufgrund der damit zusammenhängenden Temperaturspannungen, gezogen werden.

4. Messung der Oberflächenfeuchte an der Fassade

Benötigte Sensoren:

Feuchtefühler: an der Fassadenoberfläche

Absolute Luftfeuchte ermittelt in [g/m³]

Versuchsaufbau und Sensoranordnung:

Platzierung der Sensoren:

- an der Fassadenoberfläche hinter einer vertikalen Begrünung,
- an der Oberfläche einer gleich orientierten, unbegrünten Referenzfassadenfläche.



Der Feuchtefühler ist an der Putzschicht der Fassade anzubringen. Der Sensor ist so anzuordnen, dass Einflüsse von Sonneneinstrahlung, Wind und Niederschlägen weitestgehend ausgeschlossen werden kann. Der vertikale Abstand zur Geländeoberfläche soll mindestens 150 cm betragen.

Methode und erwartete Ergebnisse:

Gemessen wird die Feuchte, die sich unter den jeweils vorherrschenden Witterungsbedingungen, mit und ohne Einfluss der temperatur- und feuchtebeeinflussenden vertikalen Vegetation, an der Fassadenoberfläche einstellt. Durch die Messung der feuchtetechnischen Gegebenheiten können in Kombination mit den gemessenen Oberflächentemperaturen sowie den Materialeigenschaften der Fassadenoberfläche Aussagen zur Schimmel- bzw. Veralgungsneigung getätigt werden.

5. Messungen des Umgebungsklimas

Benötigte Sensoren:

Wetterstation zur Messung der Außentemperatur [°C], der relativen Luftfeuchtigkeit [%-rF], der Globalstrahlung [W/m²], und der Wind- [m/s] und Niederschlagsverhältnisse [mm/h].

Versuchsaufbau und Sensoranordnung:

Platzierung der Wetterstation:

Installation auf dem Grundstück des Gebäudes, in mittelbarer Gebäudeumgebung, gemäß den Empfehlungen der Richtlinie „Automatische nebenamtliche Wetterstationen im DWD“,

Methode und erwartete Ergebnisse:

Die Installation einer Wetterstation in der unmittelbaren Gebäude- und Fassadenumgebung dient der Messung der vorherrschenden Klimarandbedingungen im vom Gebäude unbeeinflussten Bereich. Durch einen Vergleich dieser Werte mit den Messwerten an den begrünten und unbegrünten Fassaden kann das sich einstellende Mikroklima zwischen der vertikalen Vegetationsschicht und der Fassadenoberfläche erfasst werden.

6. Messung des Wasserhaushalts der Fassadenvegetation

Benötigte Sensoren:

Temperaturfühler, Feuchtefühler, Wasser- bzw. Regenmengenmesser

Bodentemperaturen gemessen in [°C], Bodenfeuchte ermittelt in [%], Bewässerungsmenge in [l/h], Niederschlagsmenge in [mm]

Versuchsaufbau und Sensoranordnung:

Platzierung der Sensoren:

- Temperaturfühler: in der Substratschicht.
- Feuchtefühler: in der Substratschicht und in der Ebene der vertikalen Vegetationsschicht.
- Wasser- bzw. Regenmengenmesser: am höchsten Punkt der vertikalen Vegetationsschicht.

Der vertikale Abstand des in der Vegetationsschicht angeordneten Feuchtesensors zur Geländeoberfläche soll mindestens 150 cm betragen.

Methode und erwartete Ergebnisse:

Der Feuchtesensor in der Vegetationsschicht ermittelt die Luftfeuchte in der unmittelbaren Umgebung der Pflanzen. Zusammen mit den Messwerten der Bodenfeuchte kann die Evapotranspiration der Fassadenbegrünung ermittelt werden, und es sind weitere mikroklimatische Auswertungen im Zusammenspiel mit der gemessenen Bodentemperatur möglich. Dadurch können Informationen über die Standortverhältnisse der Bepflanzung und der für die Vegetation zur Verfügung stehenden Wassermenge, entweder durch künstliche Bewässerung oder natürlichen Niederschlag, gewonnen werden.



Wichtiger Hinweis:

Das Monitoringkonzept für Fassadenbegrünung ist grundsätzlich für jede Art von vertikalen Vegetationen vor Fassaden anwendbar. Zu beachten ist jedoch, dass das mikroklimatische Verhalten der Begrünung, und in Folge die Auswirkungen auf die dahinter liegende Fassade sowie auf die Innenräume dahinter, sehr stark von der gewählten Bepflanzung abhängt (z.B. extensive oder intensive Begrünung, immergrüne oder sommergrüne Pflanzenauswahl, Blattdichte der Pflanzenauswahl, u. dgl.)

7. Nutzerverhalten

Das Nutzerverhalten der Bewohner (Mieter, Eigentümer) wird mittels eines Fragebogens erhoben. Die Nutzerbefragung läuft begleitend zur Messkampagne des Monitorings. Dabei werden die folgenden Parameter und subjektiven Wahrnehmungen erfasst.

- gewählte Einstellung der Raumtemperatur
- subjektives Temperaturempfinden im Innenraum
- subjektives Empfinden der Luftqualität – Störende Gerüche, Luftfeuchtigkeit
- Lüftungsverhalten – Bedienung der Fenster (Stoßlüftung, Kipplüftung)
- Gebrauch des außenliegenden Sonnenschutzes
- (Zufriedenheit mit der Komfortlüftungsanlage, Lüftungseinstellungen)

Quellen:

Grundlagen: Richtige Platzierung der Raumfühler:

<https://www.cci->

[dialog.de/wissensportal/technikwissen/gebaeudeautomation_msr/f17834_raumfuehler.html](https://www.cci-dialog.de/wissensportal/technikwissen/gebaeudeautomation_msr/f17834_raumfuehler.html)

Richtlinienreihe VDI/VDE 3512: Temperaturmessung für die Gebäudeautomation:

https://cci-dialog.de/wissensportal/normen_richtlinien_verordnungen/4_gebaeudeautomation_msr-technik/vdi_3512.html

Richtlinie Automatische nebenamtliche Wetterstationen im DWD, (Externe Ausgabe), Offenbach am Main, Juni 2017

Richtlinie zur Planung, Ausführung und Pflege von Fassadenbegrünungen mit Kletterpflanzen, FLL e.V., Bonn, 2000



Glossar

Begrünung, extensiv:

Extensivbegrünungen sind naturnah angelegte Begrünungen, die sich weitgehend selbst erhalten und weiterentwickeln. Neben Kräutern, Gräsern und Moosen kommen vor allem unterschiedliche Sedumarten zum Einsatz. Extensivbegrünungen eignen sich für wandgebundene Fassadenbegrünungen. Sie stellen geringe Anforderungen an das Substrat und benötigen wenig bis keinen Unterhaltsaufwand. Eine zusätzliche Bewässerung ist nicht erforderlich.

Begrünung, intensiv:

Intensivbegrünungen kommen bei boden- und bei wandgebundenen Fassadenbegrünungen zum Einsatz. Je nach Pflanzenauswahl kann ein dichter Bewuchs (Blattdichte) an bzw. vor den Fassaden erzielt werden, als mit extensiven Begrünungen möglich. Intensivbegrünungen erfordern einen regelmäßigen Pflegeaufwand, insbesondere ist eine regelmäßige Versorgung mit Wasser und Nährstoffen notwendig. Die Vegetation stellt je nach gewählter Pflanzenart unterschiedlich hohe Ansprüche an das Substrat.

Biodiversität:

Auch biologische Vielfalt genannt, bezeichnet allgemein die Vielfalt von Leben. Im Zusammenhang mit Bauwerksbegrünungen ist bei der Auswahl der Vegetation Wert auf eine ausgewogene Pflanzenvielfalt zu legen, die das Entstehen eines lokalen Ökosystems ermöglicht.

Evapotranspiration:

Die Evapotranspiration ist eine meteorologische Größe, welche die Gesamtsumme des Wasserverlustes in einem Gebiet an die Atmosphäre beschreibt, und setzt sich zusammen aus Transpiration, also aus der direkten, physikalischen Verdunstung von Land- und Wasserflächen hauptsächlich durch Sonneneinstrahlung und Wind (Übergang des Wassers von flüssiger in die gasförmige Form), sowie aus der Evaporation, das ist die aktive Wasserabgabe von Pflanzen über die Spaltöffnungen ihrer Blätter und über die Wachsschicht (Cuticula).

Fassadenbegrünung, bodengebunden:

Der Pflanzenbewuchs wurzelt im Boden und erfordert strukturierte Erden, die eine nachhaltige Versorgung mit Nährstoffen, Luft und Wasser gewährleisten (sh. Substrat). Bodengebundene Fassadenbegrünung kann durch Direktbewuchs mit selbstklimmenden Kletterpflanzen (z.B. Efeu) oder mit sogenannten Gerüstkletterpflanzen, die eine Kletterhilfe vor der Fassade benötigen, erfolgen.

Vorteile:

- Geringer Pflege- und Wartungsaufwand.
- Kostengünstigste Form der Begrünung von Fassaden.
- Meistens einfach umsetzbar.

Fassadenbegrünung, wandgebunden:

Der Pflanzenbewuchs wurzelt in Konstruktionen, die an der Fassade befestigt oder integriert sind (z. B. Pflanzentröge, Gittersteine, u. dgl.), und bedarf einer gesonderten Nährstoffversorgung und Bewässerung. Im Vergleich zur bodengebundenen Fassadenbegrünung ist mit höheren Kosten und einem gesteigerten Wartungsaufwand zu rechnen.

Vorteile:

- Hoher Gestaltungsspielraum – große Pflanzenvielfalt möglich.
- Schutz der Gebäudehülle.

Fassadenbegrünung, Zweck:

Fassadenbegrünung an Bauwerken verfolgt die Ziele der Optimierung des bauphysikalischen Gebäudeverhaltens und der Wohnbehaglichkeit in Innenräumen (z.B. Verringerung der



Wärmeverluste im Winter, Verringerung der sommerlichen Überwärmung im Sommer), des Mikroklimas an der Außenwand (z.B. Erhöhung der Luftfeuchte im Fassadennahbereich – Evapotranspiration, und damit Temperaturregulierung im Sommer), sowie der Schaffung von kleinräumigen Ökosystemen.

Globe-Thermometer:

Das Globe-Thermometer ist eine schwarze Hohlkugel mit einem Temperatursensor in deren Mitte, der die Strahlungswärme, d. h. die Differenz zur Lufttemperatur, misst. Mit Hilfe der gemessenen Lufttemperatur, der Luftgeschwindigkeit und der Globe-Temperatur kann die mittlere Strahlungstemperatur errechnet werden.

Gerüstkletterpflanze:

Gerüstkletterpflanzen unterscheiden sich durch die Strategie ihres Kletterns: Schlingpflanzen (umwinden), Rankpflanzen (bilden „Greiforgane“ = Ranken) und Spreizklimmer (spreizen und haken sich ein). Aus diesen Klettertechniken resultieren jeweilige prinzipielle Ansprüche an Gerüste, die solche Kletterpflanzen zur Fassadenbegrünung benötigen (Wikipedia).

Kletterhilfe:

Vorrichtung an oder vor der Fassade, die Gerüstkletterpflanzen zu ihrer Ausbreitung benötigen, z.B. Seile, Stahlgerüst, u.dgl.

Kletterpflanze:

Kletterpflanze ist die Bezeichnung für eine Pflanze, die statt stützender Strukturen als Wuchsform eine Klettertechnik ausbildet. (Wikipedia)

Mikroklima:

Im Zusammenhang mit Bauwerksbegrünungen sind unter Mikroklima, auch: Kleinklima, jene Klimabedingungen zu verstehen, die in einem kleinen, genau definierten Bereich vorherrschen. Das sind im Falle von begrünten Fassaden die Klimabedingungen, die sich durch die dort wachsenden Pflanzen in unmittelbarer Nähe der Gebäudehülle einstellen und in die dahinterliegenden Innenräume hineinwirken.

Ökosystem:

Der Begriff Ökosystem bezeichnet das Zusammenspiel zwischen einem Lebensraum und seinen tierischen und pflanzlichen Bewohnern. Dabei sind alle Bestandteile des Ökosystems voneinander abhängig. (Greenpeace)

operative Raumtemperatur:

Die operative Temperatur (gefühlte Temperatur, Empfindungstemperatur) entspricht dem arithmetischen Mittel der Raumlufttemperatur und der Strahlungstemperatur der Umgebungsflächen (z. B. Wand- und Fensterflächen, Heizflächen) und ist das zentrale Maß für die thermische Behaglichkeit.

Substrat:

Im Gartenbau bezeichnet der Begriff Substrat Nährböden aller Art, einschließlich des gewachsenen Erdbodens. Im ökologischen Zusammenhang ist der Boden auch Substrat im Sinn eines Materials, auf und in dem Organismen leben. Bei Gebäudebegrünungen wachsen die Pflanzen entweder im gewachsenen Boden (bodengebundene Fassadenbegrünung), oder in Substraten, die vom Untergrund getrennt sind (wandgebundene Fassadenbegrünung).

Selbstklimmende Kletterpflanze:

Selbstklimmende Kletterpflanzen eignen sich für den Direktbewuchs von Bauwerken und entwickeln Haftorgane. In der Regel sind dies Haftwurzeln, z. B. Efeu, Kletterhortensie, Trompetenwinden. (Wikipedia)