

# Abschlussbericht TransMiT

## Teil B

B.2:

Blau-Grüne Infrastrukturen (BGI)

### B 2.12

## Untersuchungen zu mit Moos begrüntem und frontal bewässerten Vertikalflächen in Hannover

Autoren\*:

Jessica Gerstendörfer

Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik Hannover, Hannover

#### **Kurzbeschreibung des Einzelkapitels**

*Für die Einordnung von Moosfassaden im Vergleich zu anderen vertikal begrünten Fassaden, wurden Kennzahlen aus der Literatur zusammengestellt. Weiterhin erfolgte ein Vergleich mit anderen in Deutschland umgesetzten Moosfassaden hinsichtlich der verwendeten Bewässerungskonzepte und ihrer Leistungsfähigkeit bzgl. Verdunstungskühlung und Luftschadstoffreduktion. Die an den Moosfassaden des Verbundpartners Gartenheim eG durchgeführten Messungen sind hier ebenfalls dokumentiert.*

*Die Beschreibung der technischen Anlage „Moosmaschine“ erfolgt in B 2.11.*

\*Frau Kristina Barton (geb. Elsner) war vom 1.4.2019 bis 28.2.2020 im Projekt TransMiT mit dem Schwerpunkt BGI am Standort Hannover beschäftigt (UP 3 und 5). Vorbereitende Planungsarbeiten zur Hinterhofgestaltung/Moosfassade GH, die Betreuung der studentischen Arbeiten sowie die koordinative Begleitung der Arbeiten zu Musterplanungen von aquaplaner (UA) fielen in diesen Zeitraum.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis.....</b>	<b>2</b>
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>2</b>
<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>4</b>
<b>1 Stand des Wissens.....</b>	<b>1</b>
1.1 Einsatz von Moosen zur Vertikalbegrünung .....	1
1.2 Wasserbedarf und Trockentoleranz von Moosen .....	2
1.3 Bewässerung von Moosen.....	3
1.4 Fähigkeit von Moosen hinsichtlich Bindung von Feinstaub und Stickoxiden.....	3
1.5 Bewertung der Vitalität von Moosen.....	5
<b>2 Kennzahlen zu vertikal begrünten Fassaden .....</b>	<b>6</b>
2.1 Umfrageergebnisse TransMiT.....	6
2.2 Auswertung von Versuchen zu mit Moos begrünten Fassaden .....	8
2.2.1 Laborversuche am ISAH.....	8
2.2.2 Messdaten großtechnische Umsetzung (Moosmaschine).....	11
<b>3 Literaturverzeichnis .....</b>	<b>18</b>
<b>Anhang .....</b>	<b>22</b>

# Abbildungsverzeichnis

Bild 2-1:	Versuchsergebnisse der Feinstaubreduktion für Moosmatten im Vergleich mit Betonplatten und Koniferen (Jazbec und Klippel 2009).....	5
Bild 2-1:	Häufigste Bewuchs-Formen in Hannover für begrünte Fassaden auf Basis der TransMiT-Umfrage .....	6
Bild 2-2:	Häufigste Pflanzenarten der begrünten Fassaden auf Basis der TransMiT-Umfrage .....	7
Bild 2-3:	Angaben, ob die begrünten Fassaden bewässert werden (ja/nein) .....	7
Bild 3-1:	Moos-Versuche im Labor. Dreifachansatz mit Triplikaten und Referenzplatte zum Vergleich (unten links), Quelle: FWJ Mareike Ellmann am ISAH.....	9
Bild 3-2:	Die drei Phasen (Turgeszenz - Übergang - Initialzustand) des Mooses im Laborversuch, Quelle: FWJ Mareike Ellmann am ISAH.....	9
Bild 3-3:	Dauer der turgeszenten Phase von Moos in Abhängigkeit der Bewässerungsmenge aus 11 Versuchsansätzen, Quelle: FWJ Mareike Ellmann am ISAH.....	10

Bild 3-4:	Dauer der turgeszenten Phase (Mittelwerte aus 11 Versuchsansätzen) in Abhängigkeit der Bewässerungsmenge, Quelle: FWJ Mareike Ellmann am ISAH.....	10
Bild 3-5:	Laborversuche mit Moos, Änderung der Umgebungstemperatur und Luftfeuchtigkeit nach Bewässerung, Quelle: FWJ Mareike Ellmann am ISAH.....	10
Bild 3-6:	Schematische Versuchsaufbau für die Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsmessungen an den Moosfassaden, Quelle: Bachelorarbeit Eike Lüker am ISAH.....	11
Bild 3-7:	Gemessene Lufttemperaturen als Mittelwert der vier verschiedenen Abstände (0,2 m, 1,0 m, 2,0 m, 2,8 m) zur Moosfassade An der Tiefenriede (AdT) in westlicher Ausrichtung. Grafik: ISAH, Messdaten: Bachelorarbeit Eike Lüker am ISAH.....	12
Bild 3-8:	Gemessene Lufttemperaturen insgesamt pro Abstand (von links nach rechts: 0,2 m, 1,0 m, 2,0 m, 2,8 m) zur Moosfassade An der Tiefenriede (AdT) in westlicher Ausrichtung. Ein X stellt den Mittelwert dar. Punkte außerhalb der Kastengrafik werden als Ausreißer betrachtet. Grafik: ISAH, Messdaten: Bachelorarbeit Eike Lüker am ISAH. ....	12
Bild 3-9:	Gemessene relative Feuchtigkeit insgesamt pro Abstand (von links nach rechts: 0,2 m, 1,0 m, 2,0 m, 2,8 m) zur Moosfassade An der Tiefenriede (AdT) in westlicher Ausrichtung. Ein X stellt den Mittelwert dar. Punkte außerhalb der Kastengrafik werden als Ausreißer betrachtet. Grafik: ISAH, Messdaten: Bachelorarbeit Eike Lüker am ISAH. ....	13
Bild 3-10:	Gemessene Lufttemperaturen als Mittelwert der vier verschiedenen Abstände (0,2 m, 1,0 m, 2,0 m, 2,8 m) zur Moosfassade Borkumer Straße in nördlicher Ausrichtung. Grafik: ISAH, Messdaten: Bachelorarbeit Eike Lüker am ISAH.....	14
Bild 3-11:	Gemessene Lufttemperaturen insgesamt pro Abstand (von links nach rechts: 0,2 m, 1,0 m, 2,0 m, 2,8 m) zur Moosfassade Borkumer Straße in nördlicher Ausrichtung. Ein X stellt den Mittelwert dar. Punkte außerhalb der Kastengrafik werden als Ausreißer betrachtet. Grafik: ISAH, Messdaten: Bachelorarbeit Eike Lüker am ISAH. ....	14
Bild 3-12:	Gemessene relative Luftfeuchtigkeit insgesamt pro Abstand (von links nach rechts: 0,2 m, 1,0 m, 2,0 m, 2,8 m) zur Moosfassade Borkumer Straße in nördlicher Ausrichtung. Ein X stellt den Mittelwert dar. Punkte außerhalb der Kastengrafik werden als Ausreißer betrachtet. Grafik: ISAH, Messdaten: Bachelorarbeit Eike Lüker am ISAH. ....	15
Bild 3-13:	Gemessene Lufttemperaturen als Mittelwert der vier verschiedenen Abstände (0,2 m, 1,0 m, 2,0 m, 2,8 m) zur Moosfassade Bunkenbergstraße in nördlicher Ausrichtung. Grafik: ISAH, Messdaten: Bachelorarbeit Eike Lüker am ISAH.....	15

Bild 3-14:	Gemessene Lufttemperaturen insgesamt pro Abstand (von links nach rechts: 0,2 m, 1,0 m, 2,0 m, 2,8 m) zur Moosfassade Bunnenbergstraße in nördlicher Ausrichtung. Ein X stellt den Mittelwert dar. Punkte außerhalb der Kastengrafik werden als Ausreißer betrachtet. Grafik: ISAH, Messdaten: Bachelorarbeit Eike Lüker am ISAH.....	16
Bild 3-15:	Gemessene relative Feuchtigkeit insgesamt pro Abstand (von links nach rechts: 0,2 m, 1,0 m, 2,0 m, 2,8 m) zur Moosfassade Bunnenbergstraße in nördlicher Ausrichtung. Ein X stellt den Mittelwert dar. Punkte außerhalb der Kastengrafik werden als Ausreißer betrachtet. Grafik: ISAH, Messdaten: Bachelorarbeit Eike Lüker am ISAH.....	16
Bild 3-16:	Wärmebild der Moosfassade An der Tiefenriede (AdT), Quelle: Bachelorarbeit Eike Lüker. ....	17

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	Einteilung von Fassadenbegrünungen hinsichtlich ihrer Bauweise (nach Pfoser 2016). ....	1
Tabelle 2-2:	Blattflächenindex (BFI) für Moos (Frahm und Sabovljevic 2007) sowie verschiedene Formen vertikaler Begrünung (Cameron et al. 2014; Pérez et al. 2017) und Vergleichswerte anderer Begrünungsarten (Spektrum Akademischer Verlag 1999). ....	4

# 1 Stand des Wissens

Im urbanen Raum sind Starkregenereignisse und länger andauernde sommerliche Hitzeperioden zwei zentrale Zukunftsprobleme. Die Integration begrünter Fassaden in das Stadtbild stellt ein mögliches Lösungskonzept für die Klimaanpassung von Städten dar (Wissmann et al. 2019). Mit Hilfe dieser vertikalen Grünflächen kann in hochverdichteten urbanen Gebieten unter minimalem Flächenverbrauch die Überhitzung abgemindert und das lokale Kleinklima verbessert werden. Gleichzeitig schaffen vertikale Grünflächen Potentiale hinsichtlich der Lärminderung, Luftqualitätsverbesserung sowie Wohn- und Freiraumqualität (Köhler und Rares Nistro 2015; Wissmann et al. 2019).

## 1.1 Einsatz von Moosen zur Vertikalbegrünung

Fassadenbegrünungen können hinsichtlich ihrer Bauweise (wand- oder bodengebunden), ihrer Flächigkeit (punktuelle oder vollflächige Bepflanzung) sowie den zur Begrünung eingesetzten Pflanzen unterschieden werden (Pfoser 2016). Die Pflanzeneignung für die verschiedenen Bauweisen ist in [Tabelle 2-1](#) zusammengefasst. Wandgebundene Systeme sind flexibler zudem kann ein direkter Kontakt mit der Gebäudefassade vermieden werden (Wissmann et al. 2019). Für die im Rahmen dieses Forschungsprojektes fokussierte Begrünung mit Moos sind folglich ausschließlich wandgebundene Systeme in modularer oder flächiger Ausführung geeignet.

Tabelle 2-1: Einteilung von Fassadenbegrünungen hinsichtlich ihrer Bauweise (nach Pfoser 2016).

Bauweise	Pflanzeneignung
<i>Bodengebundene Begrünung</i>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Direktbewuchs mit Selbstklimmern</li> </ul>	Wurzelkletterer, Haftscheibenranker
<ul style="list-style-type: none"> <li>Leitbarer Bewuchs mit Gerüstkletterpflanzen</li> </ul>	Schlinger, Winder, Ranker, Spreizklimmer und Spaliergehölze
<i>Wandgebundene Begrünung</i>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Regalsysteme</li> </ul>	Stauden, Kleingehölze
<ul style="list-style-type: none"> <li>Modulare Systeme</li> </ul>	Stauden, Kleingehölze, Moose
<ul style="list-style-type: none"> <li>Flächige Systeme</li> </ul>	Stauden, Kleingehölze, Moose
<ul style="list-style-type: none"> <li>Kombination aus boden- und wandgebundener Begrünung</li> </ul>	Stauden, Kletter- und Kleingehölze nach Systemauswahl

Die Vertikalbegrünung mit immergrünem Moos (VDI 3957-17) ist vorteilhaft, da die Fassade ganzjährig bewachsen und grün ist. Moose enthalten Chlorophyll a und b, Stärke und Zellulose, aber kein Lignin (Frahm 2018). Weltweit gibt es ca. 16.000 verschiedene Moosarten, die sich hinsichtlich ihrer Eigenschaften deutlich unterscheiden. Eine grobe Einteilung erfolgt in Horn-, Leber- und Laubmoose, wobei etwa 2/3 der weltweiten Arten Laubmoose sind (Frahm 2018).

Im urbanen Raum ist Moos in der Regel nur auf horizontalen Flächen zu finden. Damit Moos in der Vertikale gedeihen kann, ist erstens eine Fixierung des Mooses und zweitens eine

Bewässerungsmöglichkeit erforderlich. Für die Fixierung werden häufig sogenannte Moosmatten eingesetzt, bestehend aus einem Trägermaterial und speziell für die Anwendung in der Vertikalen gezüchteten Moosen (Siemsen & Lasak 2019; NIRA 2019). Das Trägermaterial kann bspw. aus Vliesstoff und darauf aufgebrachtem 3-D-Schlingengewebe aus Polyamid bestehen.

In Deutschland bieten die Firmen *Siemsen & Lasak Vegetationssysteme GBR*, *Vertiko GmbH Vertikalbegrünungskonzepte* und *Helix Pflanzen GmbH* Moosmatten zur Vertikalbegrünung an. Dabei kommen – je nach Hersteller - verschiedene Laubmoose zum Einsatz. Die Eignung verschiedener Moosarten zum Einsatz in modularen Wandsystemen wurde durch das Forschungsprojekt MoosTex untersucht (HELIX; ZÜBLIN; DITF 2017). Im Projekt MoosTex wurden zehn verschiedene Moosarten hinsichtlich ihrer Eignung für eine aktive frontale und rückwärtige Bewässerung betrachtet (Müller 2019; DITF 06.12.2018). Die Bewässerung der Moose erfolgte mit Regenwasser von Dachflächen (Müller 2019). Dabei ist es gelungen das Moos über den trockenen Sommer 2018 biologisch aktiv zu halten (Müller 2019). Die Firma *Siemsen & Lasak Vegetationssysteme GBR* setzt für die Gartenheim (GH) Moosmatten *Racomitrium* (Zackenmützenmoos) als Hauptart ein (Siemsen 2019). Ergänzt wird das Portfolio um eine Schattenmatte mit *Hypnum* (Schlafmoos) als Hauptart (Siemsen 2019).

Neben der Fixierung des Moooses erhöhen die Moosmatten die Wasserspeicherkapazität (Frahm 2008). Für die Bewässerung gibt es verschiedene Möglichkeiten eine ist im Forschungsprojekt MoosTex beschrieben (HELIX; ZÜBLIN; DITF 2017), weitere durch das Stuttgarter Projekt „Pilotstudie Mooswand“ (Naturkundemuseum Stuttgart 2019) und den sogenannten City Tree (Green City Solution 2019). Im TransMiT-Projekt wird eine vollautomatisierte patentierte technische Bewässerung, die Moosmaschine, von der Wohnungsgenossenschaft Gartenheim betrachtet (siehe auch B 1.11).

## 1.2 Wasserbedarf und Trockentoleranz von Moosen

Moos besitzt die Eigenschaft vollständig trockenfallen zu können ohne Schaden zu nehmen. Es fällt dann in einen Zustand „latenten Lebens“, der sogenannten Dormanz. Nach Wiederbefeuchtung wird das Moos reaktiviert (Frahm 2018; Pfoser 2016). Nur im turgeszenten Zustand, d. h. wenn seine Zellen mit Flüssigkeit gefüllt sind, kann Moos Stoffwechsel betreiben (Frahm 2018). Moose sind poikilohydrisch, das bedeutet, sie regeln ihren Wassergehalt nicht aktiv sondern passen diesen der Umgebung an (Thielen et al. 2019).

Moospflanzen nehmen atmosphärisches Wasser aus der Umgebung in Tropfenform (z.B. als Regen oder Tau) oder durch Kondensation aus der Luftfeuchte über ihre gesamte Oberfläche auf. Bei einer relativen Luftfeuchte von mehr als 80 % können Moose ihre Verdunstungsverluste über die Aufnahme von Wasserdampf decken. Bei geringerer Luftfeuchte trocknen sie aus (Frahm 2018).

Die Resistenz von Moosen gegenüber Austrocknung ist je nach Art unterschiedlich ausgeprägt. Für austrocknungsresistente Moose gilt, je trockener sie gehalten werden, desto besser können sie überleben. Weiterhin gilt, dass die Toleranz gegenüber trockenen Perioden saisonal unterschiedlich ausgeprägt ist: Während das Moos in den trockenen Sommerperioden in einer Wachstumsstillstandsphase ist und besser gegen trockenfallen abgehärtet, ist die Toleranz in den Wachstumsphasen im Frühjahr und Herbst herabgesetzt. Frost- und trockenresistente Moosarten besitzen typischerweise kleine Laminazellen mit kleinen Vakuolen (Frahm 2018).

Pfoser (2016) beschreibt, dass die Übernässung begrünter Fassaden kritisch zu bewerten ist. Für Moose gilt: Die Toleranz gegenüber Nässe hängt wesentlich von den eingesetzten Moosarten ab. Während es für den Innenraum dauerfeuchte Arten gibt (Siemsen & Lasak 2018), werden für die Moosmaschinen der Wohnungsgenossenschaft Gartenheim trockenresistente Moose eingesetzt. Bisherige Erfahrungen mit den Moosmaschinen zeigen, dass eine zu häufige Bewässerung zu Schadensbildungen an den Moosfassaden führt.

Die optimale Temperatur für die Netto-Photosyntheserate liegt für die in gemäßigten Breiten heimischen Arten bei 15 bis 20 °C. Die Frostresistenz und Hitzeresistenz von Moosen variieren in Abhängigkeit des Wassergehalts der Moose. So können feuchte Moose nur Temperaturen bis ca. – 10 °C tolerieren und sind gegenüber Hitze weniger resistent. Moose scheinen im befeuchteten Zustand bei Temperaturen von 30 bis 35 °C aufgrund zu starker Atmungsverluste abzusterben (Frahm 2018).

### 1.3 Bewässerung von Moosen

In ihrem natürlichen Lebensraum nehmen Moose Feuchtigkeit aus der Luft, als Tau oder in Form von Niederschlag auf. Bei der Bewässerung von Moos sollte daher angestrebt werden, mit einem Wasser von möglichst vergleichbarer Qualität zu bewässern. Dieses sollte folglich wenig Härtebildner enthalten, leicht säuerlich sein und nur in geringen Konzentrationen Nährstoffe enthalten, um ein zu intensives Pflanzenwachstum und damit einhergehende Wartungsarbeiten zu vermeiden.

Bei der Verwendung von gespeichertem Niederschlagswasser von Dächern, ist ein besonderes Augenmerk auf die Materialien von Dach, Dachrinnen und Fallrohren zu legen: Auch wenn laut Frahm (2018) alle Moose schwermetalltolerant sind, entscheiden Moosart und Schwermetallkonzentration über die Letalität. In Dachabflüssen von Nichtmetalldächern können pflanzentoxische Zink- und Kupferkonzentrationen erreicht werden. Nach Göbel et al. (2007) sind 1851 mg Zink/L eine repräsentative Konzentration für über Zinkrinnen entwässerte Dachabflüsse. Erfahrungen der Wohnungsgenossenschaft Gartenheim besagen, dass bei geplanter Nutzung von Dachablaufwasser für Bewässerungszwecke ein Austausch gegen Edelstahlrinnen und -fallrohre erforderlich ist. Bei Gründächern und Kiesdächern stellen laut Pfoser (2016) in Abdichtungsbahnen eingesetzte Wachstumshemmer oder Pestizide Probleme bei der Verwendung des Dachablaufwassers zur Bewässerung dar. Müller (2019) legt dar, dass die hohen Konzentrationen von Metallionen in Dachabflüssen, genau wie Wachstumshemmer aus Bitumenbahnen nicht nur für Moos sondern auch für andere Pflanzenarten kritisch sind.

### 1.4 Fähigkeit von Moosen hinsichtlich Bindung von Feinstaub und Stickoxiden

Moose weisen eine vergrößerte biologisch aktive Oberfläche auf. Laut Sabovljevic (2019) variieren Blättchengröße, Anzahl der Moospflänzchen pro Quadratcentimeter und Anzahl der Blättchen pro Pflanze je nach Moosart. Somit ist der Oberflächenvergrößerungsfaktor besonders von der gewählten Moosart abhängig. Frahm und Sabovljevic (2007) leiten einen Oberflächenvergrößerungsfaktor von 30 her. Über die vergrößerte Oberfläche können Moose Stäube akkumulieren und speichern. Verglichen mit dem Blattflächenindex (BFI) bzw. *leaf area index* (LAI) von anderen vertikalen Begrünungssystemen ist dieser Wert vergleichsweise hoch (vgl. [Tabelle 2-2](#)).

Tabelle 2-2: Blattflächenindex (BFI) für Moos (Frahm und Sabovljevic 2007) sowie verschiedene Formen vertikaler Begrünung (Cameron et al. 2014; Pérez et al. 2017) und Vergleichswerte anderer Begrünungsarten (Spektrum Akademischer Verlag 1999).

Begrünung	BFI
Moos	30
Stachys	2,2
Fuchsia	0,6
Jasminum	0,5
Hedera	5,1
Lonicera	0,8
Prunus	2,5
Boston Efeu	3,5 – 4
Krautige Pflanzenbestände	4 – 6
Grasbestände	8 – 10
Tropische Regenwälder	6 – 16
Sommergrüne Wälder	3 – 12
Savannen, Wiesen, Steppen	1 – 5
Tundra und Gebirge	0,5 – 2,5

Moose besitzen keine Organe, die zur Stoffaufnahme aus dem Boden ausgeprägt sind (Wurzeln), deshalb nehmen sie über die Moosoberfläche Mineralien, Nährstoffe und Wasser direkt aus der Luft auf. Damit kommt ihnen eine besondere ökologische Rolle im Nährstoffkreislauf zu (Frahm 2008; VDI 3957-17). Über das Moos werden an der negativ aufgeladenen Oberfläche Wasserstoffionen bereitgestellt, die durch andere Kationen wie z. B.  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  oder  $NH_4^+$  ausgetauscht werden können, dabei werden Wasserstoffionen freigesetzt (Frahm und Sabovljevic 2007). Die Feinstaubbindung nimmt laut (Frahm und Sabovljevic 2007) mit der Einwirkungszeit zu, wobei die Steigerungsraten für alle Moose von 30 bis 120 min am größten sind. Weiterhin zeigen sie für die gleichen Moose, dass bei einem Wassergehalt von ca. 0 % keines der Moose Feinstaub binden kann. Die höchsten Werte zeigen sich für einen Wassergehalt von 50 bis 60 %; bei 100 % Wassergehalt ist der Wirkungsgrad etwa 5 % niedriger (Frahm und Sabovljevic 2007).

Bei einer direkten Bestäubung der Moose mit Feinstaub nehmen die Moose nach einer Einwirkzeit von 2 h zwischen 15 und 30 % eines Bleistaubs auf. Frahm und Sabovljevic (2007) leiten daraus ab, dass Moose zwischen 13 und 22 g/m<sup>2</sup> Feinstäube binden können. In einer Stellungnahme des Grünen-Abgeordneten Kirchner (2018) heißt es „die Filterwirkung von Mooswänden beschränkt sich auf den unmittelbaren kleinräumigen Nahbereich“, wobei oft weniger als 20 % der Schadstoffe gefiltert werden.

Jazbec und Klippel (2009) haben die Feinstaubreduktion durch Moosmatten im Vergleich mit Koniferen und Betonplatten über einen Zeitraum von 6 h nach Begasung mit Diesel-Abgasen untersucht (vgl. [Bild 2-1](#)). Die Ergebnisse legen nahe, dass die Moosmatten ab ca. 1 h Versuchsdauer eine höhere Feinstaubreduktion als die Betonplatten aufweisen. Der

zusätzliche Effekt der Moosmatten ist jedoch überschaubar. Die Untersuchung von Koniferen zeigt deutlich ausgeprägtere Reduktionswerte

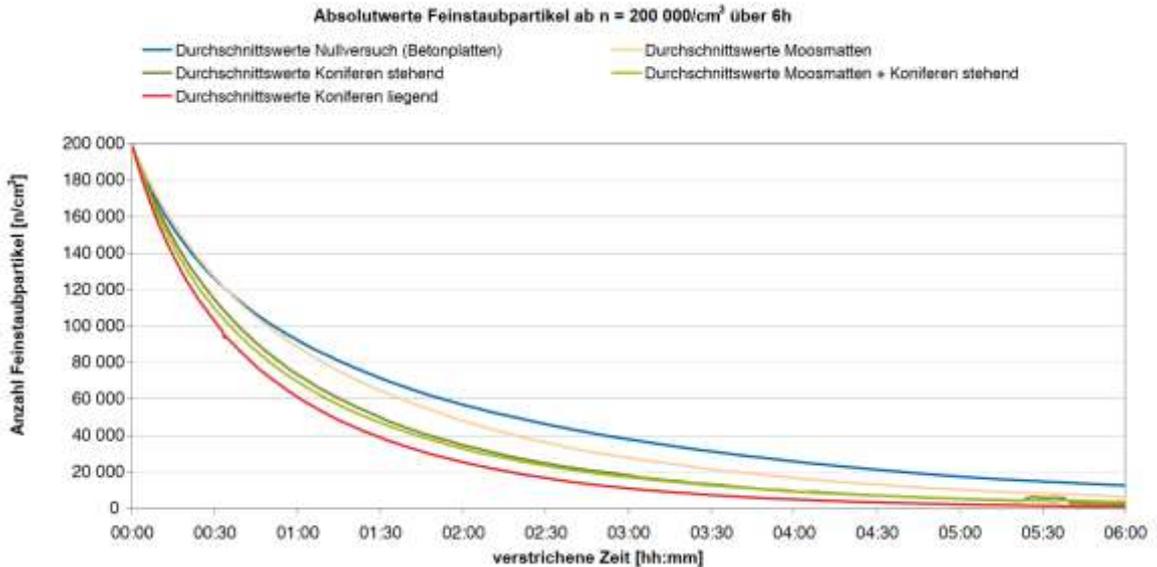


Bild 2-1: Versuchsergebnisse der Feinstaubreduktion für Moosmatten im Vergleich mit Betonplatten und Koniferen (Jazbec und Klippel 2009).

Während Jazbec und Klippel (2009) im Rahmen einer Machbarkeitsstudie zu dem Ergebnis kommen, dass „spezielle Pflanzenvergesellschaftungen hinsichtlich der  $\text{NO}_x$ -Problematik einen positiven Einfluss auf die Luftqualität haben“, stellt (Kirchner 2018) heraus, dass die Wirkung bei Stickoxiden bislang noch gar nicht nachgewiesen sei.

Moose nehmen auch andere Schadstoffe direkt über die Moosoberfläche auf und können Schwermetalle in Konzentrationen speichern, die für andere Pflanzen toxisch wären. Deshalb werden sie neben dem Monitorings der Stickstoffdeposition (VDI 3957-19) auch als Bioindikatoren für Schwermetalle (VDI 3957-17) eingesetzt. Das seit 1990 europaweit 5-jährig stattfindende Moos-Monitoring-Programm erfasst durch diesen Bioindikator den aktuellen Zustand, zeitliche Veränderungen und die räumliche Verteilung von Schwermetallen und dem Gesamtstickstoff in der Luft. Zu diesem Zweck werden schwerpunktmäßig die Moosarten *Hylocomium splendens*, *Hypnum cupressiforme*, *Pleurozium schreberi*, *Scleropodium sp.* erfasst. Dabei werden die Messstellen so ausgewählt, dass möglichst kleinräumig unbeeinflusste Hintergrundkonzentrationen erhoben werden. Die Ergebnisse des Messprogramms können für Europa unter „ICP Vegetation (2017)“ und für die Bundesrepublik Deutschland unter „UBA (2008)“ nachgelesen werden. 2010 hat Deutschland sich nicht beteiligt (UBA 2016).

## 1.5 Bewertung der Vitalität von Moosen

Da Moose in der Dormanz (Schlafzustand) lange Trockenperioden überstehen können, kann die Vitalität von Moosen nicht allein optisch nach ihrer Grünfärbung bewertet werden. Solange die Blättchen Chlorophyll enthalten, leben die Moose und können innerhalb kürzester Zeit reaktiviert werden.

Für das Monitoring der Vitalität der Mooswände bieten sich daher verschiedene Kriterien an, zum Beispiel:

- ▶ Vergleichende Betrachtung von Zupfproben
- ▶ Regelmäßiger Besuch der Moos-Fassade mit Fotodokumentation, und ansprüchen einer kleinen Moosfläche zur vergleichenden Betrachtung dieser Referenzfläche
- ▶ Untersuchung des Chlorophyll-Anteils der Moospflänzchen (z.B. mit Hilfe des CCM-300 Chlorophyll-Messgerät)
- ▶ Untersuchung des Pflanzenstresses mit Hilfe des *Plant-Stress-Meter* (UP Umweltanalytische Produkte GmbH o.D.)

Innerhalb des TransMiT-Projektes wurden hierzu allerdings keine weitergehenden Untersuchungen durchgeführt. Lediglich der optische Zustand der Moosmaschinen in Hannover wurde im Rahmen einer Bachelorarbeit dokumentiert (s. Kapitel 2.2.2).

## 2 Kennzahlen zu vertikal begrüntem Fassaden

### 2.1 Umfrageergebnisse TransMiT

Zur Ergänzung bislang fehlender Daten zu Akzeptanz und Betriebserfahrungen von Anwendern wurde ein Online-Fragebogen erstellt und über den BUND (Projekt BEGRÜNTES HANNOVER) an Nutzer begrünter Fassaden in Hannover verteilt (Laufzeit 01.07.2020 - 03.08.2020). Über diesen Fragebogen wurden zusätzlich Daten über die Häufigkeit verschiedener Fassadenbegrünungen in Hannover erhoben und die durchschnittliche Umsetzungsgröße aufgenommen. Darüber hinaus wurden auch die Gründe für die Begrünung an sich und Entscheidung für eine Pflanzenart abgefragt.

Zum Zeitpunkt der Umfrage gab es nicht sehr viele begrünte Fassaden (neben den Moosmaschinen) in Hannover. Daher haben lediglich bis zu 6 Personen/Institutionen auf die Fragen geantwortet. In diesem Kapitel werden die wichtigsten Informationen aus der Umfrage abgebildet. Alle Weiteren können dem Anhang entnommen werden.

#### Bewuchs-Formen

Die Hälfte der Befragten gibt an, eine bodengebundene Fassade zu haben, bei der die Pflanzen Kontakt zum Boden haben. Ein Drittel gibt an, eine Kombination an begrünten Fassaden zu besitzen und bei 17 % wachsen die Pflanzen bodengebunden in Kübeln.

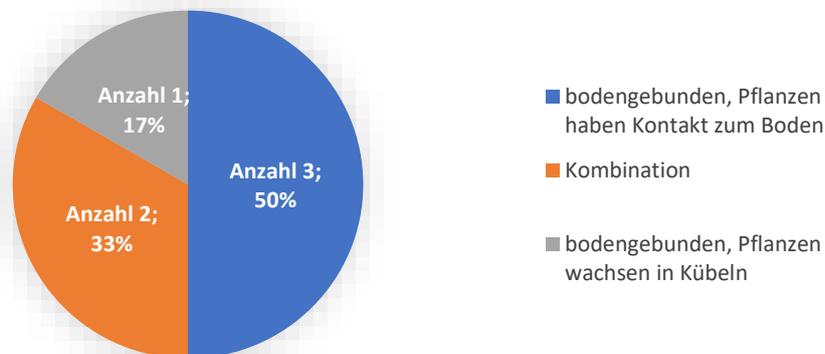


Bild 2-1: Häufigste Bewuchs-Formen in Hannover für begrünte Fassaden auf Basis der TransMiT-Umfrage

### Pflanzenarten

Außerdem wurde nach der Art der Bepflanzung gefragt. Hier geben die Meisten Efeu und Wein bzw. Jungfernebe als Pflanzenart ihrer Fassade an.

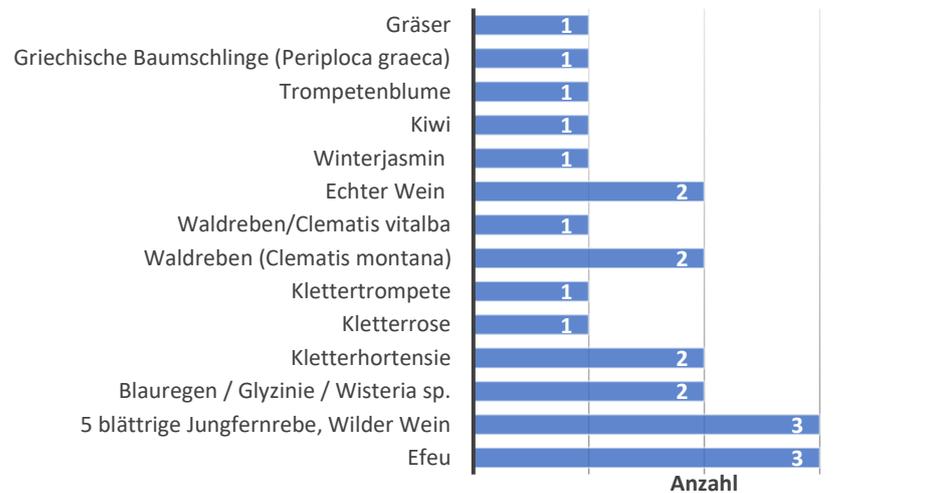


Bild 2-2: Häufigste Pflanzenarten der begrünten Fassaden auf Basis der TransMIT-Umfrage

### Investitionskosten

Die Investitionskosten sind laut Umfrageteilnehmer relativ gering. Im Mittel gaben die Teilnehmer einen Wert von 140 € an und die Bandbreite beträgt 20-200 €.

### Betriebskosten

Bei den Betriebskosten gab es lediglich eine Antwort mit einem Wert von 20 €/a. Offensichtlich werden diese in vielen Fällen nicht einzeln erhoben.

### Zeit-Investition

Der zeitliche Aufwand zur Pflege der begrünten Fassaden (ohne Bewässerung) ist laut Umfrage ebenfalls gering. Im Mittel geben die Teilnehmer einen Wert von 14,8 h/a bzw. eine Bandbreite von 1-20 h/a für den Rückschnitt der Pflanzen an.

### Bewässerung

Von 5 Teilnehmern geben 60 % an, dass sie ihre Fassaden nicht bewässern, die restlichen 40 % bewässern ihre Fassade. Die Häufigkeit ist dabei recht unterschiedlich angegeben von 10 Mal im Jahr bis zu 2 Mal am Tag von April bis Oktober. Dabei wird sowohl Leitungswasser als auch Regenwasser zur Bewässerung verwendet.

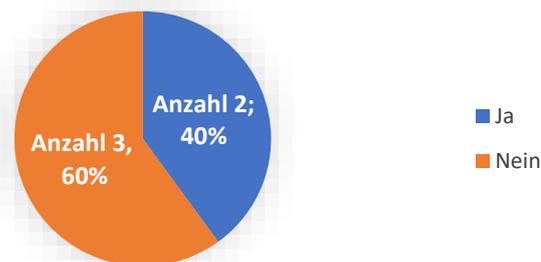


Bild 2-3: Angaben, ob die begrünten Fassaden bewässert werden (ja/nein)

### Probleme durch begrünte Fassaden

In der TransMIT-Umfrage wurde angegeben, dass auch Probleme durch begrünte Fassaden auftreten können wie zum Beispiel zugewachsene Photovoltaik-Anlagen und Fenster sowie Beschädigungen durch Bepflanzung an Fallrohren und/oder Regenrinnen.

## **2.2 Auswertung von Versuchen zu mit Moos begrünten Fassaden**

Es wurden zwei Arten von Versuchen im TransMIT-Projekt durchgeführt. Auf der einen Seite fanden Laborversuche am ISAH statt mit Moosproben im Labormaßstab. Auf der anderen Seite fanden Versuche am Großgerät statt. Hierzu wurden Messungen in Moosmaschinen-Nähe durchgeführt.

### **2.2.1 Laborversuche am ISAH**

Am ISAH fanden Laborversuche zur Erprobung verschiedener Bewässerungskonzepte auf die Verdunstungskühlung durch die Moosmaschinen statt. In diesem Rahmen wurde ein Dreifachansatz mit Moos-Triplikaten und einer Moos-Referenzplatte zum Vergleich angesetzt (s. [Bild 2-8](#)). Es wurde ein Standort gewählt, an dem die Umgebungsbedingungen möglichst konstant sind (Überprüfung mit Thermohygrometer). Es erfolgte eine Bewässerung mit demineralisiertem Wasser. Die Menge wurde dabei stufenweise um ca. 5 ml erhöht. Zur Dokumentation fanden minütlich Fotoaufnahmen des Moooses ab dem Zeitpunkt der Bewässerung statt. Es folgte eine Bestimmung der minimalen- und maximalen Dauer der turgeszenten Phase für jede Moos-Platte anhand einer optischen Auswertung der Bildaufnahmen (s. [Bild 2-5](#)) sowie über die Messungen der Lufttemperaturen und -feuchtigkeit.

Über die Laborversuche wurde unter Berücksichtigung der Gleichungen (1) und (2) der Oberflächenvergrößerungsfaktor von Moos zu 47,7 bestimmt.

$$\frac{\text{Blattoberfläche}}{\text{Moospflanze}} = \frac{\text{Blattoberfläche}}{\text{Blättchen}} \cdot \frac{\text{Blättchen}}{1 \text{ cm Moospflanze}} \cdot \text{Höhe einer Moospflanze} \quad (1)$$

$$\frac{\text{Blattoberfläche}}{\text{cm}^2} = \frac{\text{Anzahl Pflanzen}}{\text{cm}^2} \cdot \frac{\text{Blattoberfläche}}{\text{Moospflanze}} \quad (2)$$

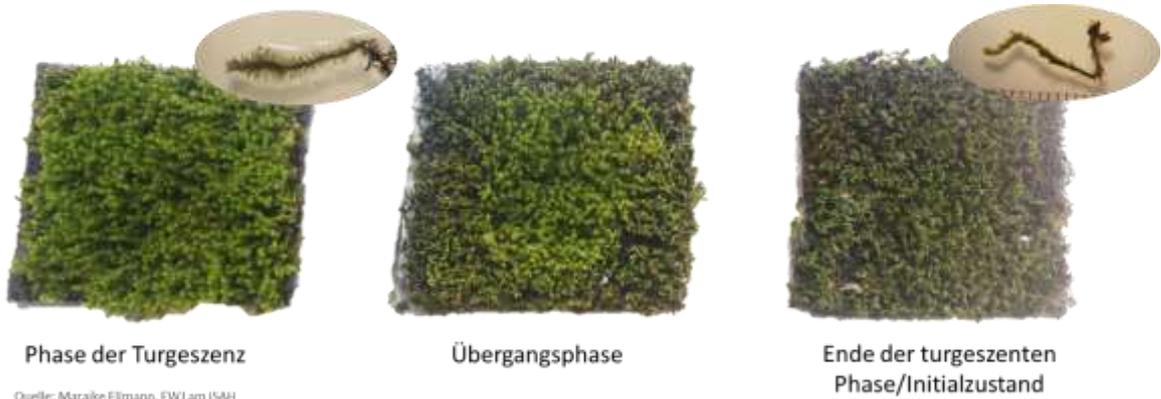
Verglichen mit dem Oberflächenvergrößerungsfaktor anderer Begrünungsarten (s. [Tabelle 2-2](#)) ist dieses Ergebnis als positiv zu bewerten.

Die Ergebnisse hinsichtlich der Dauer der turgeszenten Phase von Moos in Abhängigkeit der Bewässerungsmenge können [Bild 2-6](#) und [Bild 2-7](#) entnommen werden. Weiterhin zeigt [Bild 2-8](#) die Auswirkungen der Bewässerung auf die Umgebungsfeuchte und -temperatur. Es ist zu erkennen, dass die turgeszente Phase je nach Bewässerungsmenge steigt und sich ab einer Menge von ca. 30 ml einem Plateau annähert (s. [Bild 2-6](#) und [Bild 2-7](#)).

Unmittelbar nach einer Bewässerung verringerte sich die Lufttemperatur nahe der Begrünung im Labor im Mittel um 0,4 °C, die Luftfeuchtigkeit erhöhte sich durchschnittlich um 11 %. Ein Einfluss der Bewässerung auf die Umgebungsbedingungen war bis zu 5 h nach der Bewässerung erkennbar (s. [Bild 2-8](#)). Als maximale Bewässerungsmenge ergaben sich 3 l/m<sup>2</sup>. Zu beachten ist, dass bisherige Erfahrungen mit den Moosmaschinen zeigen, dass eine zu häufige Bewässerung zu Schadensbildungen an den Moosfassaden führt.



Bild 2-4: Moos-Versuche im Labor. Dreifachansatz mit Triplikaten und Referenzplatte zum Vergleich (unten links), Quelle: FWJ Mareike Ellmann am ISAH.



Quelle: Mareike Ellmann, FWJ am ISAH

Bild 2-5: Die drei Phasen (Turgeszenz - Übergang - Initialzustand) des Moooses im Laborversuch, Quelle: FWJ Mareike Ellmann am ISAH.

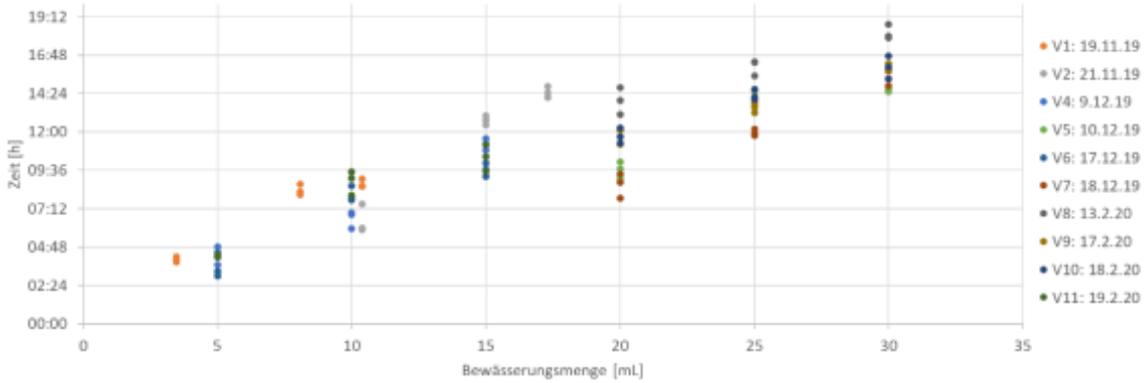


Bild 2-6: Dauer der turgeszenten Phase von Moos in Abhängigkeit der Bewässerungsmenge aus 11 Versuchsansätzen, Quelle: FWJ Mareike Ellmann am ISAH.

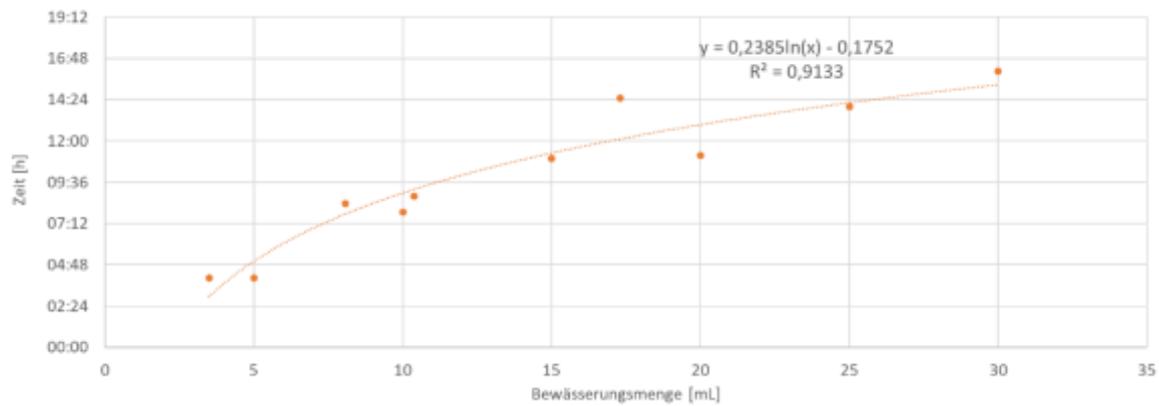


Bild 2-7: Dauer der turgeszenten Phase (Mittelwerte aus 11 Versuchsansätzen) in Abhängigkeit der Bewässerungsmenge, Quelle: FWJ Mareike Ellmann am ISAH.

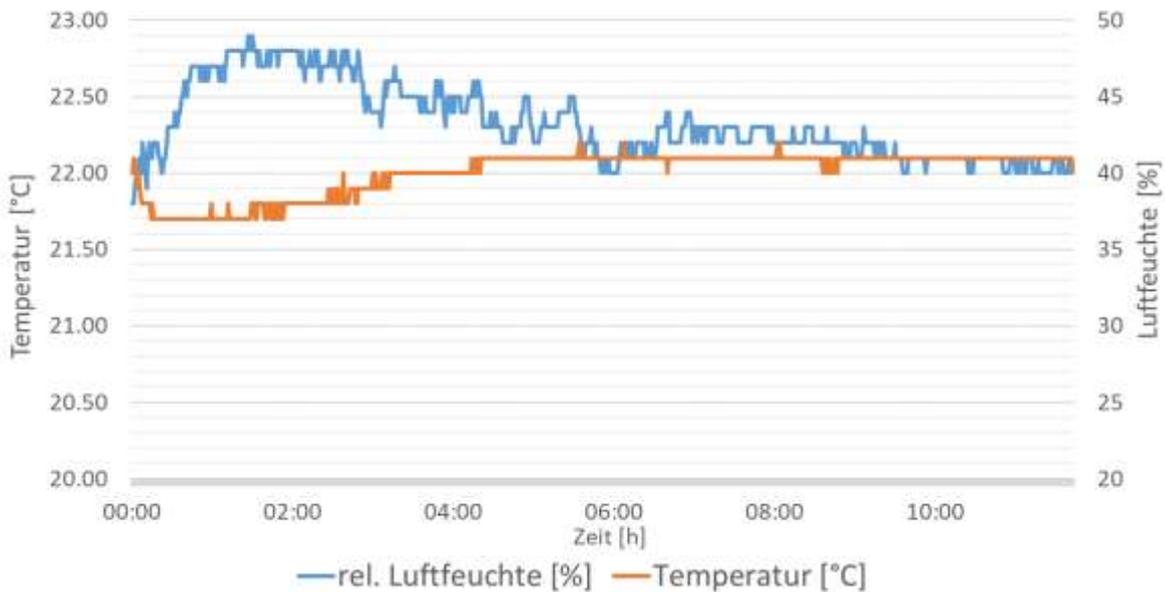
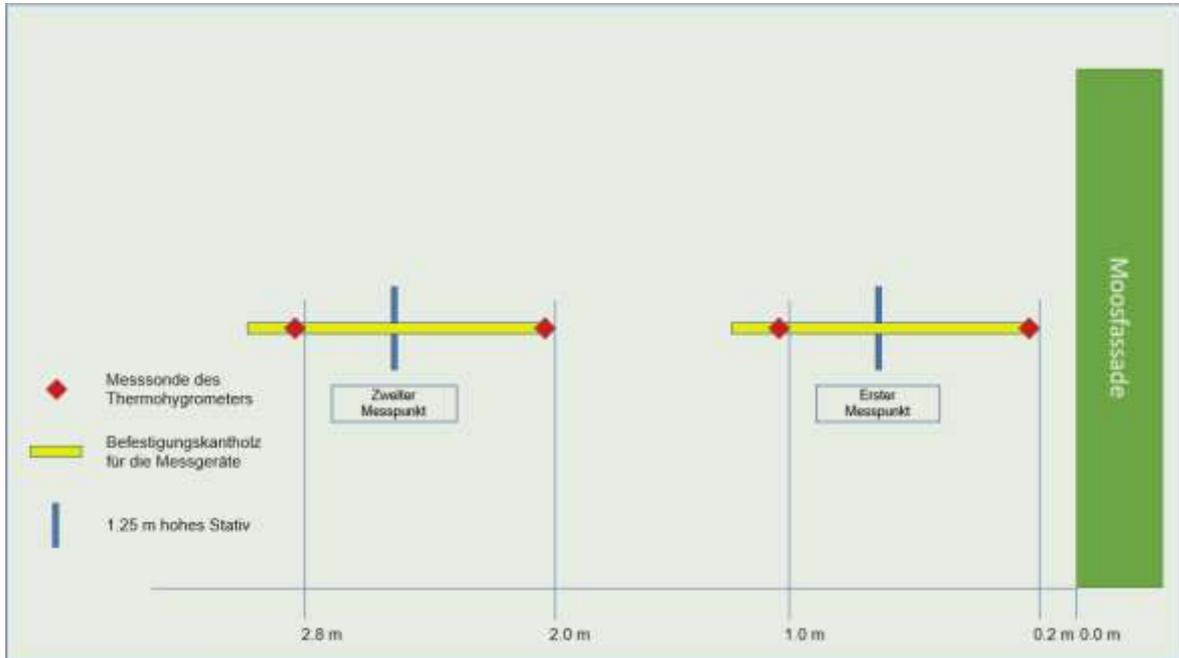


Bild 2-8: Laborversuche mit Moos, Änderung der Umgebungstemperatur und Luftfeuchtigkeit nach Bewässerung, Quelle: FWJ Mareike Ellmann am ISAH.

## 2.2.2 Messdaten großtechnische Umsetzung (Moosmaschine)

Die Ergebnisse der Laborversuche wurden im Rahmen von Messungen an den Moosmaschinen in der Großtechnik überprüft (Lüker 2021). [Bild 2-9](#) zeigt den schematischen Versuchsaufbau der Messungen mit Thermohygrometern.



*Bild 2-9: Schematische Versuchsaufbau für die Temperatur- und Luftfeuchtheitsmessungen an den Moosfassaden, Quelle: Bachelorarbeit Eike Lüker am ISAH.*

Hier wurde festgestellt, dass der positive Einfluss stark abhängig von der Entfernung zur Moosfassade ist. Bei geringerer Entfernung zur Fassade (0,2 m) sind die Temperaturen bis zu 0,56 °C niedriger als bei 2,8 m Entfernung. Ebenso zeigte sich ein Einfluss der Ausrichtung der Fassaden (Lüker 2021). Die Messwerte sind in Tabellenform im Anhang zu finden. Wichtig anzumerken ist, dass die **positiven Effekte nur im turgeszenten, also feuchten, Zustand des Moores** auftreten. Über die Temperatur- und Feuchtheitsmessungen mit Thermohygrometern hinaus (s. [Bild 2-10](#) bis [Bild 2-18](#)) wurde punktuell auch die Oberflächentemperatur einer Moosfassade aufgenommen (s. [Bild 2-19](#)).

Nachfolgend sind die Ergebnisse der Einzelmessungen an den verschiedenen Standorten zusammengefasst.

[Bild 2-10](#) zeigt die Mittelwerte der gemessenen Lufttemperaturen und Luftfeuchtigkeit sowie den entsprechenden Trend des Profils für die Moosfassade „An der Tiefenriede“ in westlicher Ausrichtung. Zu sehen ist die Korrelation zwischen Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit. Mit sinkender Luftfeuchtigkeit steigt die Lufttemperatur und umgekehrt. Zudem ist zu erkennen, dass die Luftfeuchtigkeit mit steigendem Abstand zur Fassade sinkt und die Temperatur mit steigendem Abstand zur Fassade steigt.

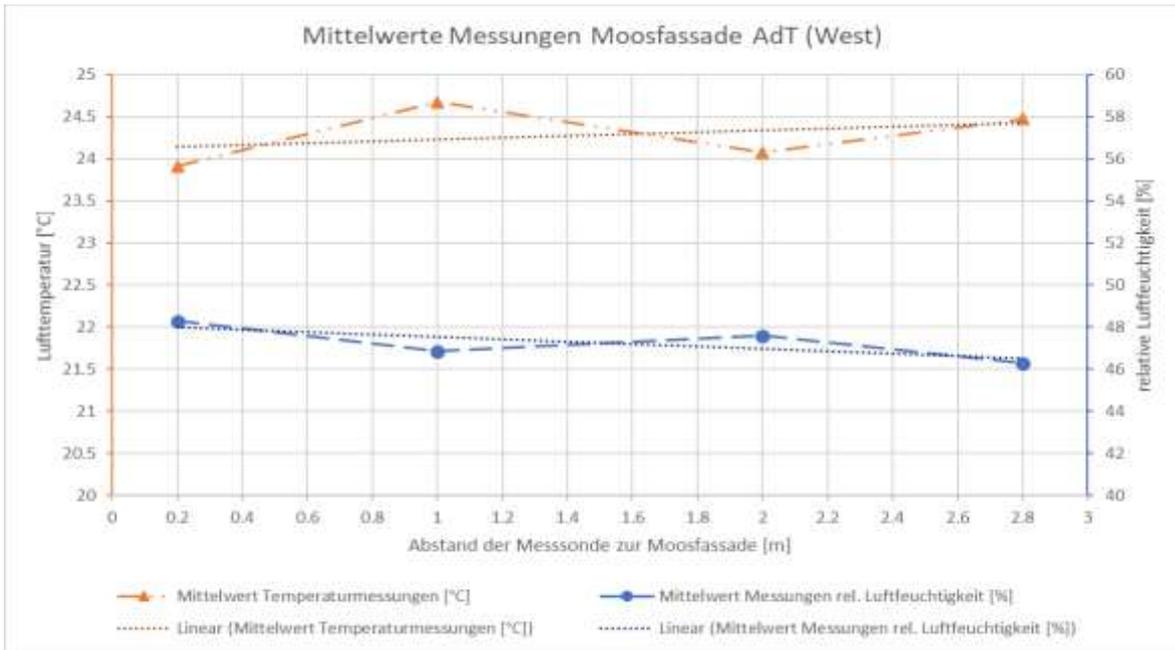


Bild 2-10: Gemessene Lufttemperaturen als Mittelwert der vier verschiedenen Abstände (0,2 m, 1,0 m, 2,0 m, 2,8 m) zur Moosfassade An der Tiefenriede (AdT) in westlicher Ausrichtung. Grafik: ISAH, Messdaten: Bachelorarbeit Eike Lüker am ISAH.

Bild 2-11 zeigt die Bandbreite der zugehörigen gemessenen **Lufttemperaturen** gebündelt je nach Abstand zur Fassade für die Moosfassade. Es ist zu erkennen, dass der Median der Messwerte (durchgezogene Linie innerhalb der Box) für alle Entfernungen in etwa auf gleicher Höhe zwischen 20 °C und 25 °C liegt. Die Mittelwerte (X) sind ebenfalls in etwa auf einer Höhe, allerdings sticht die Box für 1,0 m Entfernung etwas heraus, hier liegt der Mittelwert höher und die Bandbreite ist auch insgesamt größer.

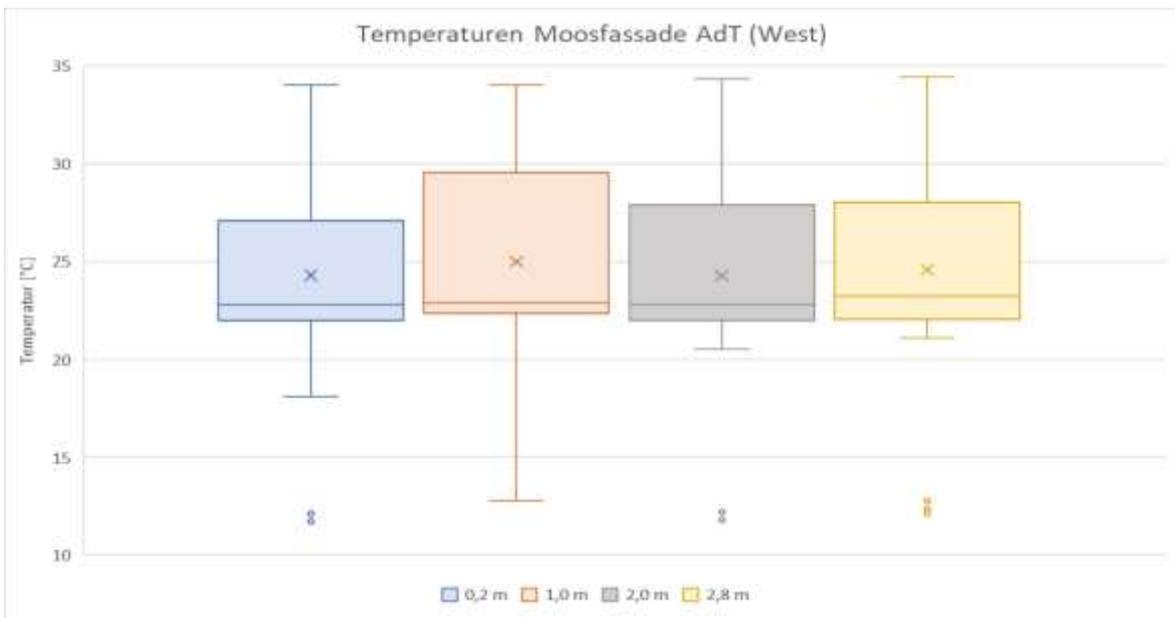
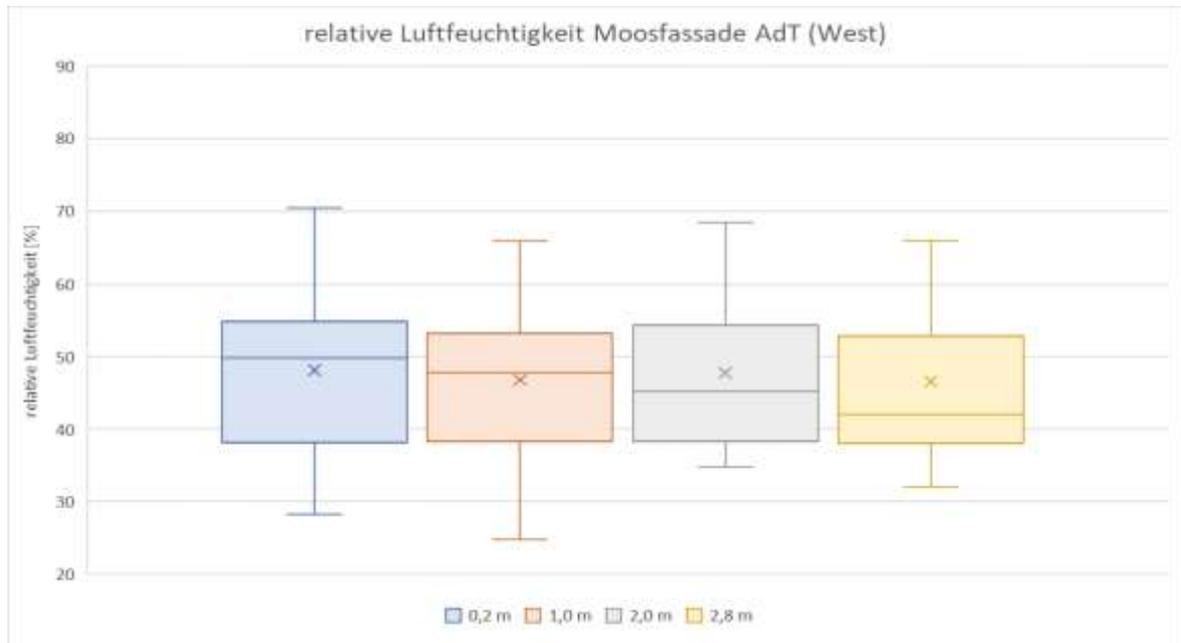


Bild 2-11: Gemessene Lufttemperaturen insgesamt pro Abstand (von links nach rechts: 0,2 m, 1,0 m, 2,0 m, 2,8 m) zur Moosfassade An der Tiefenriede (AdT) in westlicher Ausrichtung. Ein X stellt den Mittelwert dar. Punkte außerhalb der Kastengrafik werden als Ausreißer betrachtet. Grafik: ISAH, Messdaten: Bachelorarbeit Eike Lüker am ISAH.

**Bild 2-12** zeigt die Bandbreite aller gemessenen **Luftfeuchtigkeiten** gebündelt je nach Abstand zur Fassade für die Moosfassade „An der Tiefenriede“ in westlicher Ausrichtung. Es ist zu erkennen, dass der Median der Messwerte (durchgezogene Linie innerhalb der Box) für alle Entfernungen relativ stark variiert und mit weiterer Entfernung zur Fassade abnimmt. Die Mittelwerte (X) sind ebenfalls nicht alle auf derselben Höhe. Allerdings ähneln sich die Mittelwerte für 0,2 m und 2,0 m Entfernung sowie 1,0 m und 2,8 m Entfernung.



**Bild 2-12:** Gemessene relative Feuchtigkeit insgesamt pro Abstand (von links nach rechts: 0,2 m, 1,0 m, 2,0 m, 2,8 m) zur Moosfassade An der Tiefenriede (AdT) in westlicher Ausrichtung. Ein X stellt den Mittelwert dar. Punkte außerhalb der Kastengrafik werden als Ausreißer betrachtet. Grafik: ISAH, Messdaten: Bachelorarbeit Eike Lüker am ISAH.

**Bild 2-13** zeigt die Mittelwerte der gemessenen Lufttemperaturen und Luftfeuchtigkeit sowie den entsprechenden Trend des Profils für die Moosfassade „Borkumer Straße“ in nördlicher Ausrichtung. Zu sehen ist hier ebenfalls die Korrelation zwischen Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit. Mit sinkender Luftfeuchtigkeit steigt die Lufttemperatur und umgekehrt. Zudem ist zu erkennen, dass die Luftfeuchtigkeit mit steigendem Abstand zur Fassade relativ konstant bleibt. Der Lufttemperatur-Trend zeigt eine sinkende Tendenz mit Abstand zur Fassade. Die in **Bild 2-14** dargestellte Bandbreite aller gemessenen **Lufttemperaturen** gebündelt je nach Abstand zur Fassade zeigt, dass der Median der Messwerte (durchgezogene Linie innerhalb der Box) auch hier mit steigendem Abstand steigt. Die Mittelwerte (X) zeigen ebenfalls eine steigende Tendenz. Es fällt auf, dass die beiden Abstände 0,2 m und 1,0 m eine höhere Bandbreite aufweisen als die Abstände 2,0 m und 2,8 m. Das weist darauf hin, dass die Temperaturen in weiterer Entfernung zur Fassade stabiler sind und weniger schwanken, der Einfluss der Bewässerung ist damit vermutlich auf den Nahbereich < 1,50 m begrenzt.

**Bild 2-15** zeigt die Bandbreite aller gemessenen **Luftfeuchtigkeiten** gebündelt nach Abstand zur Fassade. Der Median der Messwerte (durchgezogene Linie innerhalb der Box) sowie die Mittelwerte (X) zeigen keine eindeutige Tendenz hier kein signifikanter Einfluss zu erkennen.

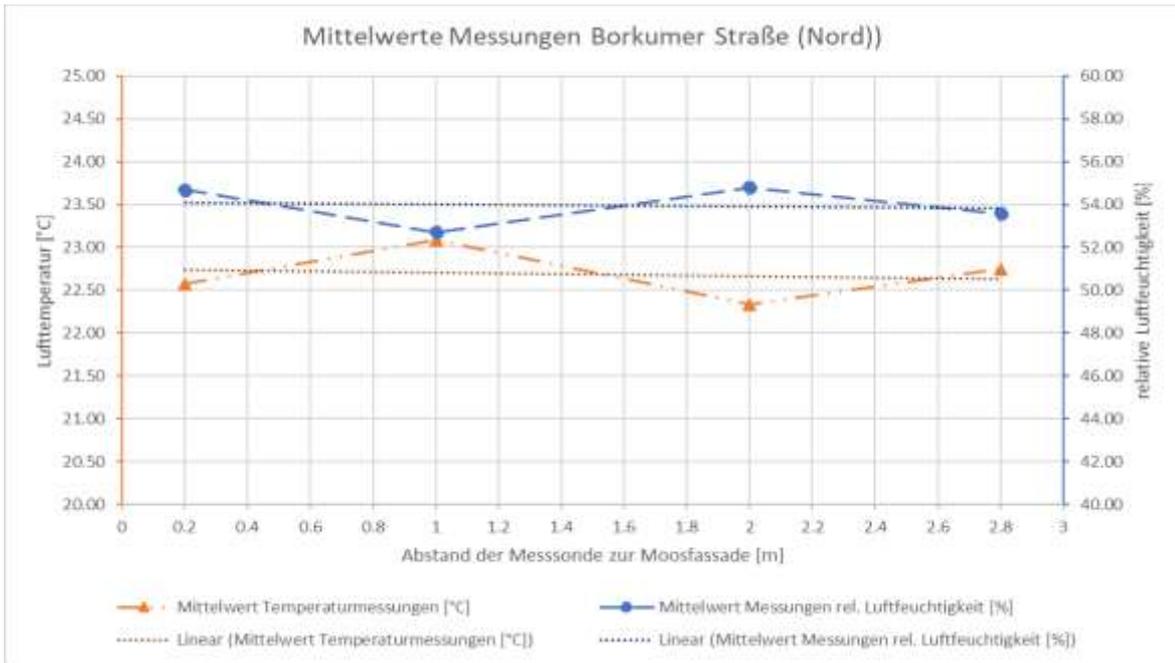


Bild 2-13: Gemessene Lufttemperaturen als Mittelwert der vier verschiedenen Abstände (0,2 m, 1,0 m, 2,0 m, 2,8 m) zur Moosfassade Borkumer Straße in nördlicher Ausrichtung. Grafik: ISAH, Messdaten: Bachelorarbeit Eike Lüker am ISAH.

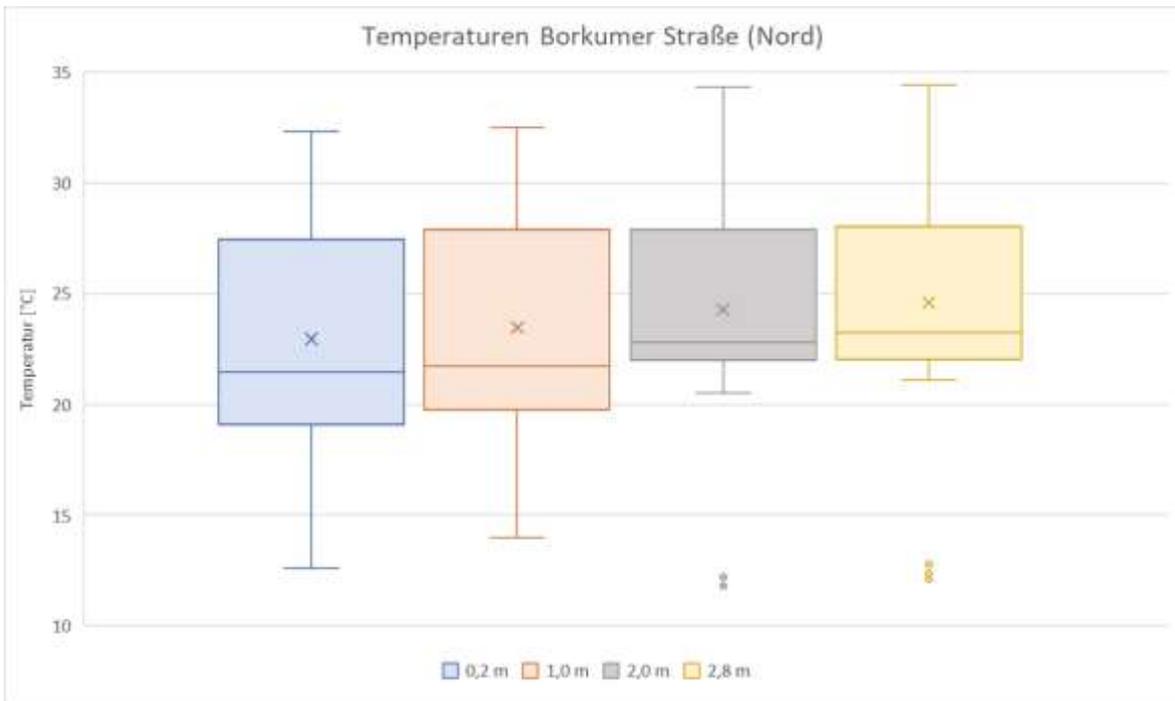
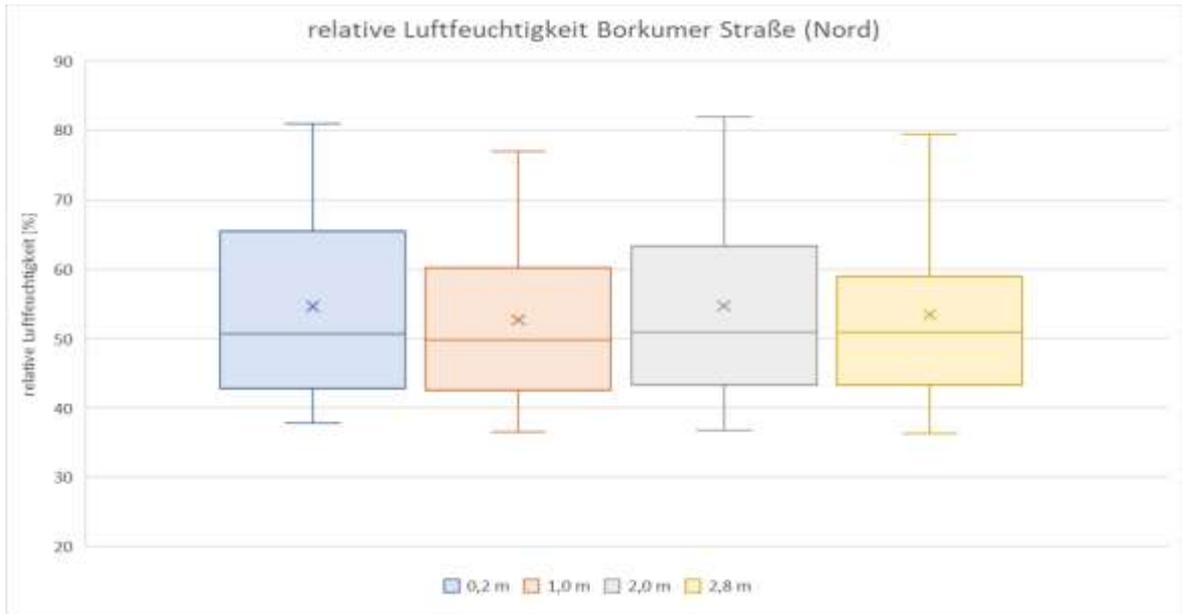
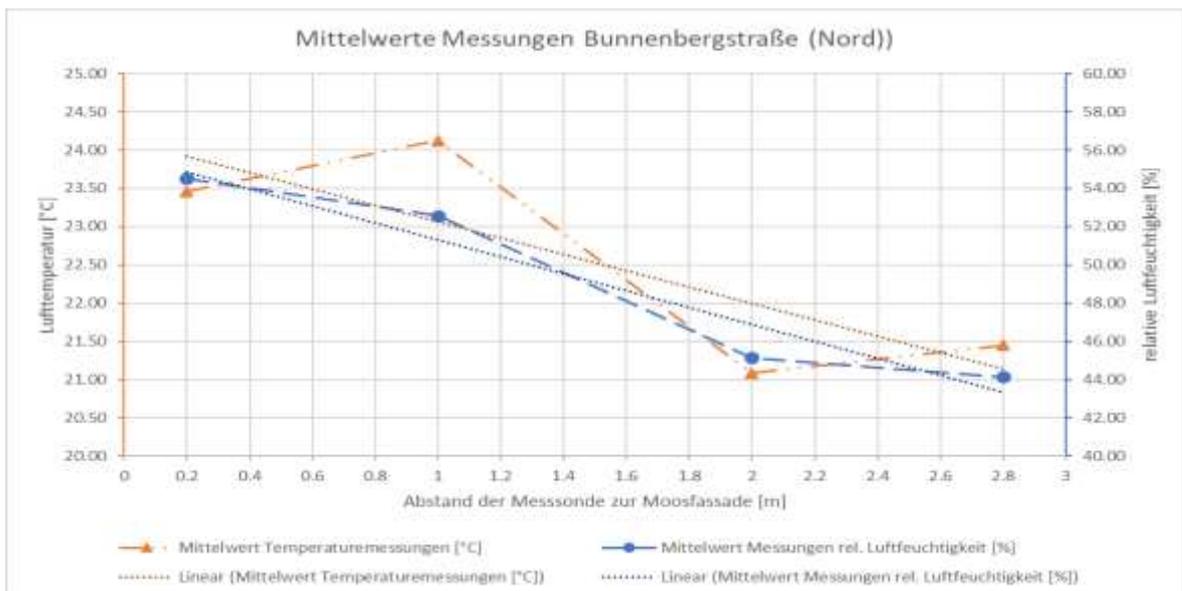


Bild 2-14: Gemessene Lufttemperaturen insgesamt pro Abstand (von links nach rechts: 0,2 m, 1,0 m, 2,0 m, 2,8 m) zur Moosfassade Borkumer Straße in nördlicher Ausrichtung. Ein X stellt den Mittelwert dar. Punkte außerhalb der Kastengrafik werden als Ausreißer betrachtet. Grafik: ISAH, Messdaten: Bachelorarbeit Eike Lüker am ISAH.



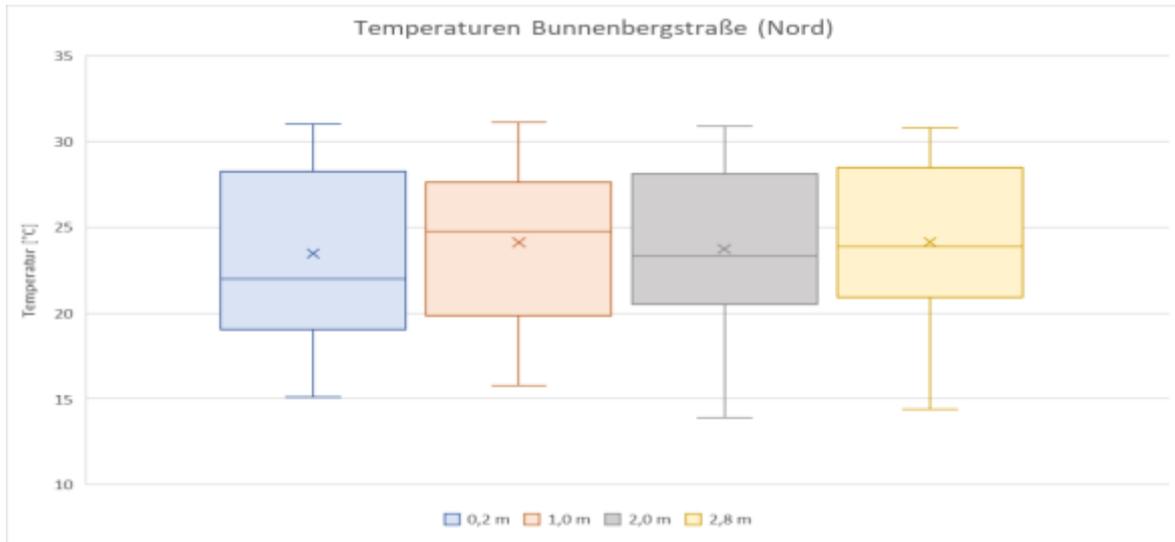
**Bild 2-15:** Gemessene relative Luftfeuchtigkeit insgesamt pro Abstand (von links nach rechts: 0,2 m, 1,0 m, 2,0 m, 2,8 m) zur Moosfassade Borkumer Straße in nördlicher Ausrichtung. Ein X stellt den Mittelwert dar. Punkte außerhalb der Kastengrafik werden als Ausreißer betrachtet. Grafik: ISAH, Messdaten: Bachelorarbeit Eike Lüker am ISAH.

**Bild 2-16** zeigt die Mittelwerte der gemessenen Lufttemperaturen und Luftfeuchtigkeit sowie den entsprechenden Trend des Profils für eine weitere Moosfassade in nördlicher Ausrichtung in der „Bunnenbergstraße“. Eine Korrelation zwischen Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit ist hier ebenfalls nicht erkennbar. Mit sinkender Luftfeuchtigkeit steigt die Lufttemperatur zunächst. Allerdings sinken bei steigendem Abstand zur Fassade in diesem Fall beide Messwerte und steigen bei der weitesten Entfernung wieder leicht an. Überraschenderweise zeigen sowohl der Lufttemperatur-Trend als auch der Luftfeuchtigkeits-Trend eine stark sinkende Tendenz mit zunehmendem Abstand zur Fassade. Vermutlich haben hier andere lokale Einflüsse auf das Mikroklima einen deutlichen Einfluss.



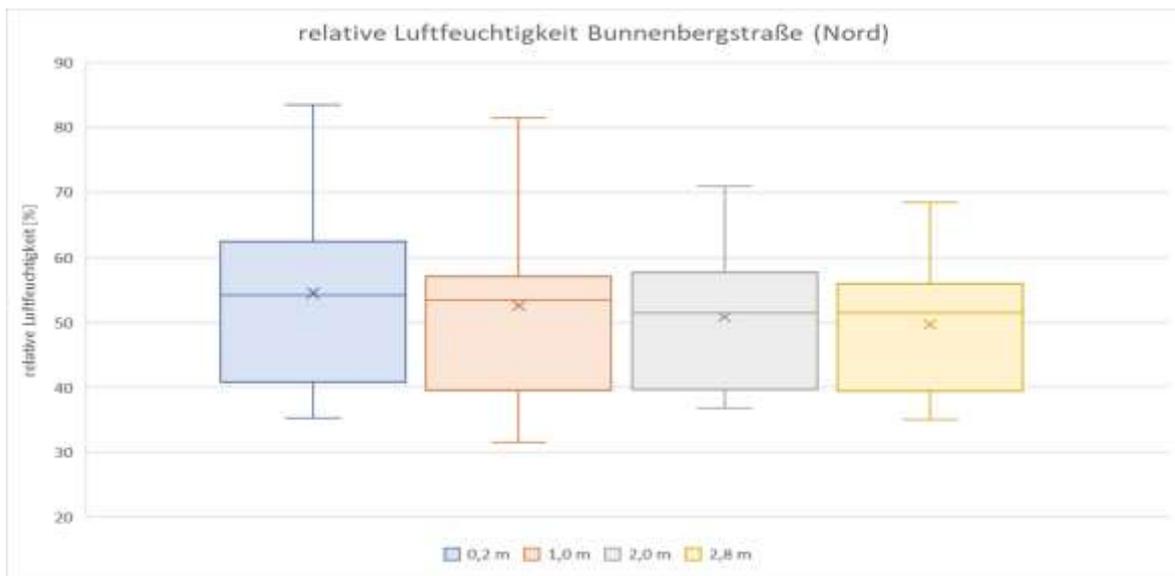
**Bild 2-16:** Gemessene Lufttemperaturen als Mittelwert der vier verschiedenen Abstände (0,2 m, 1,0 m, 2,0 m, 2,8 m) zur Moosfassade Bunnenbergstraße in nördlicher Ausrichtung. Grafik: ISAH, Messdaten: Bachelorarbeit Eike Lüker am ISAH.

**Bild 2-17** zeigt die Bandbreite der gemessenen **Lufttemperaturen** gebündelt je nach Abstand zur Fassade für die Moosfassade „Bunnenbergstraße“ in nördlicher Ausrichtung. Es ist zu erkennen, dass der Median der Messwerte (durchgezogene Linie innerhalb der Box) zwischen 0,2 m und 1,0 m Abstand sowie 2,0 m und 2,8 m steigt. Zwischen 1,0 m und 2,0 m Abstand sinkt der Median. Die Mittelwerte (X) sind relativ konstant über die Entfernung. Die größte Bandbreite an Temperaturen wird in direkter Nähe zur Fassade verzeichnet, was ein Indikator für die Wirkungstiefe sein könnte.



**Bild 2-17:** Gemessene Lufttemperaturen insgesamt pro Abstand (von links nach rechts: 0,2 m, 1,0 m, 2,0 m, 2,8 m) zur Moosfassade Bunnenbergstraße in nördlicher Ausrichtung. Grafik: ISAH, Messdaten: Bachelorarbeit Eike Lüker am ISAH.

**Bild 2-18** zeigt die zugehörige Bandbreite aller gemessenen **Luftfeuchtigkeiten**. Hier scheint ein Trend erkennbar, der Median der Messwerte (durchgezogene Linie innerhalb der Box) nimmt mit der Entfernung ab - zunächst stärker, dann weniger, ebenso wie die Mittelwerte (X). Der Effekt ist aber auch hier wiederum auf den Nahbereich begrenzt.



**Bild 2-18:** Gemessene relative Feuchtigkeit insgesamt pro Abstand (von links nach rechts: 0,2 m, 1,0 m, 2,0 m, 2,8 m) zur Moosfassade Bunnenbergstraße in nördlicher Ausrichtung. Grafik: ISAH, Messdaten: Bachelorarbeit Eike Lüker am ISAH.

Abschließend wurde von der Moosfassade „An der Tiefenriede“ eine Aufnahme mit der Wärmebildkamera erstellt, um einen Eindruck über die Temperaturverläufe in Abhängigkeit der Bewässerung zu erhalten ([Bild 2-19](#)).

Es sind drei unterschiedliche Temperaturen auf der Moosfassadenfläche zu erkennen.

- Die linke Seite wurde zweimal bewässert und es wurde eine maximale Temperatur von 20.5 °C und eine minimale Temperatur von 19.1 °C gemessen.
- Die rechte Seite wird bei der Bildaufnahme gerade das erste Mal bewässert, der obere Bereich zeigt dabei eine Temperatur von maximal 22.7 °C und minimal von 20.9 °C.
- Der untere Bereich der rechten Moosfassade (während Aufnahme noch nicht bewässert) hat eine Oberflächentemperatur von max. 25.6 °C und min. 22.1 °C.

Die Abkühlungseffekte werden demnach durch die Bewässerung deutlich beeinflusst. Langzeitmessungen zur Differenzierung zwischen „Abkühlung durch die direkte Bewässerung“ und „Abkühlung durch Transpiration“ konnten im Rahmen von TransMIT nicht mehr durchgeführt werden.



Bild 2-19: Wärmebild der Moosfassade An der Tiefenriede (AdT), Quelle: Bachelorarbeit Eike Lürker.

### 3 Literaturverzeichnis

bergfreunde.de (2022): Hitzeindex | Gefühlte Temperatur bei hoher Luftfeuchtigkeit. Online verfügbar unter <https://www.bergfreunde.de/hitzeindex-rechner/>, zuletzt aktualisiert am 22.08.2022, zuletzt geprüft am 22.08.2022.

VDI 3957-17, 2009: Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen (Bioindikation).

VDI 3957-19, 2009: Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen (Bioindikation).

Brand, S. (2008): Das Meso- und Mikroklima. Eberhard-Karls-Universität Tübingen, Tübingen.

Bundesministerium für Umwelt; Naturschutz; Bau und Reaktorsicherheit (BMUB); [www.bmub.bund.de](http://www.bmub.bund.de) (2015): Grün in der Stadt – Für eine lebenswerte Zukunft, zuletzt geprüft am 23.08.2022.

Cameron, R. W.F.; Taylor, J. E.; Emmett, M. R. (2014): What's 'cool' in the world of green façades? How plant choice influences the cooling properties of green walls. In: *Building and Environment* 73, S. 198–207. DOI: 10.1016/j.buildenv.2013.12.005.

DITF (06.12.2018): MoosTex: Aktive Bewässerung regelt den Feinstaub-Hunger der Mooswände. Online verfügbar unter <https://www.ditf.de/de/index/aktuelles/pressemitteilungen/detail/moostex-aktive-bewaesserung-regelt-den-feinstaub-hunger-der-mooswaende.html>, zuletzt geprüft am 06.08.2019.

DWD (n.D.a): Wetter- und Klimalexikon. Autochthone Witterung. Online verfügbar unter <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv2=100072&lv3=100304>, zuletzt geprüft am 28.02.2022.

DWD (n.D.b): Wetter- und Klimalexikon. Heißer Tag. Online verfügbar unter <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv2=101094&lv3=101162>, zuletzt geprüft am 23.09.2021.

DWD (n.D.c): Wetter- und Klimalexikon. Hitzewelle. Online verfügbar unter <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv2=101094&lv3=624852>.

DWD (n.D.d): Wetter- und Klimalexikon. Inversion. Online verfügbar unter <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv2=101224&lv3=101280>, zuletzt geprüft am 17.11.2021.

DWD (n.D.e): Wetter- und Klimalexikon. Tropennacht. Online verfügbar unter <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?nn=103346&lv2=102672&lv3=102802>, zuletzt geprüft am 23.09.2021.

DWD (2022a): Wetter und Klima - Deutscher Wetterdienst - Leistungen - Global-, Diffus- und Direktstrahlung (Monats- und Jahressummen sowie Abweichungen). Online verfügbar unter [https://www.dwd.de/DE/leistungen/solarenergie/strahlungskarten\\_sum.html;jsessionid=7B0E6B895F0F29CC1E7C157A85A4B35B.live11041?nn=16102](https://www.dwd.de/DE/leistungen/solarenergie/strahlungskarten_sum.html;jsessionid=7B0E6B895F0F29CC1E7C157A85A4B35B.live11041?nn=16102), zuletzt aktualisiert am 09.08.2022, zuletzt geprüft am 09.08.2022.

DWD (2022b): Wetter und Klima - Deutscher Wetterdienst - Leistungen - Trend der Jahressummen der Globalstrahlung. Online verfügbar unter <https://www.dwd.de/DE/leistun>



HELIX; ZÜBLIN; DITF (2017): Forschungsprojekt MoosTex: Mit Mooswänden gegen Feinstaub. Laufzeit: 4/2017 - 4/2020. Online verfügbar unter <https://de.strabag-newsroom.com/pressreleases/forschungsprojekt-moostex-mit-mooswaenden-gegen-feinstaub-2274951>.

Hoffmann, M. (2021): So war das Wetter im Sommer 2021: Deutlich zu warm, zu nass mit ausgeglichener Sonnenscheinbilanz. Online verfügbar unter <https://www.wetterprognose-wettervorhersage.de/wetter-jahreszeiten/sommer/wetter-sommer-2021/9792-so-war-das-wetter-im-sommer-2021-deutlich-zu-warm-zu-nass-mit-ausgeglicherer-sonnenscheinbilanz.html>, zuletzt geprüft am 07.10.2022.

ICP Vegetation (2017): Data and Maps of the Moss monitoring campaign. 1990 - 2010. Online verfügbar unter <https://icpvegetation.ceh.ac.uk/data-and-maps>, zuletzt geprüft am 03.08.2019.

Institut für Meteorologie und Klimatologie (IMuK), Meusel, G. (2020): Datenübergabe nach Drohnenbefliegung, persönliche Kommunikation, 2020 an Gerstendörfer, J. (ISAH).

Jazbec, R.; Klippel, N. (2009): Pflanzen filtern Feinstaub und Stickoxide. Machbarkeitsstudie: Bessere Luftreinhaltung dank gezielter Begrünung. In: *Umwelt Perspektiven* 2009.

Kirchner, J.-H. (2018): Bemoosung von Verkehrsschwerpunkten. Schriftliche Anfrage des Abgeordneten Danny Freymark (CDU) und Antwort vom 20. Juni 2018, zuletzt geprüft am 21.03.2022.

Köhler, M.; Rares Nistro, C. (2015): Wandgebundene Begrünungen. Quantifizierungen einer neuen Bauweise in der Klima-Architektur. Online verfügbar unter [http://www.irb-net.de/daten/baufo/20150058/Endbericht\\_F\\_2937.pdf](http://www.irb-net.de/daten/baufo/20150058/Endbericht_F_2937.pdf), zuletzt geprüft am 05.02.2018.

Lüker, Eike (2021): BA\_Potentialabschätzung einer Vertikalbegrünung - Modellstudie zur Sensitivität. Bachelorarbeit. Leibniz Universität Hannover, Hannover. Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik Hannover.

Müller, H. (2019): MoosTex - Schwerpunkte des Forschungsprojektes, 06.08.2019. Telefonat an K. Elsner.

Naturkundemuseum Stuttgart (2019): Pilotstudie Mooswand zur Reduzierung der Feinstaubbelastung in Innenstädten. Online verfügbar unter <https://www.naturkundemuseum-bw.de/user/303/projekte/de>, zuletzt aktualisiert am 02.08.2019, zuletzt geprüft am 04.08.2019.

NIRA (2019): Sedum Moos Dach 30. Online verfügbar unter <https://www.xeroflor.de/dachbegruenung/Sedum-Moos-Dach-30/>, zuletzt geprüft am 04.08.2019.

Pavlik, D.; Mendzigall, K.; Tils, R. von (2022): Mikroskalige Klimamodellierung Hannover Südstadt. Schlussbericht. Hg. v. GEO-NET Umweltconsulting GmbH. Hannover.

Pérez, Gabriel; Coma, Julià; Sol, Salvador; Cabeza, Luisa F. (2017): Green facade for energy savings in buildings: The influence of leaf area index and facade orientation on the shadow effect. In: *Applied Energy* 187, S. 424–437. DOI: 10.1016/j.apenergy.2016.11.055.

Pfoser, N. (2016): Fassade und Pflanze. Potenziale einer neuen Fassadengestaltung. Eine Untersuchung zum Sachstand, zur Motivation und zur Zukunftseignung der weltweit zunehmenden Fassadenbestimmung als funktionale und ästhetische Fusion von Vegetation und vertikalen Bauteilen. Dissertation. TU Darmstadt, Darmstadt. Online verfügbar

unter [http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/5587/1/Dissertation\\_Pfoser.pdf](http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/5587/1/Dissertation_Pfoser.pdf), zuletzt geprüft am 05.02.2018.

Sabovljevic, M. (2019): Specific Surface of Moss, 05.08.2019. E-Mail an K. Elsner.

Schönwiese, Christian-Dietrich (2008): *Klimatologie*. 3., wesentl. verb. und aktualisierte Aufl. Stuttgart: Ulmer (utb.de Bachelor-Bibliothek, 1793).

Siemens, M. (2019): Moosmatten für Moosmaschinen. Hannover, 14.10.2019. E-Mail an Kristina Elsner.

Siemens & Lasak (2018): *Vegetationssysteme*. Online verfügbar unter <http://veg-sys.de/>, zuletzt aktualisiert am 05.12.2018, zuletzt geprüft am 03.08.2019.

Siemens & Lasak (2019): Produktinformation Mossvegetation 20 kg/m<sup>2</sup> extensiv SL 600. Online verfügbar unter <http://veg-sys.de/vegsys1/wp-content/uploads/2018/06/Infoblatt-SL-600.pdf>.

Spektrum Akademischer Verlag (Hg.) (1999): *Blattflächenindex (Lexikon der Biologie)*. Online verfügbar unter <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/blattflaechenindex/9186>.

Steger, L.; Well, F.; Ludwig, F. (2020): Blau-grüne Infrastrukturen. Transformationsstudien urbaner Freiräume am Beispiel von Frankfurt. In: *Transforming Cities* 5 (1), S. 58–63, zuletzt geprüft am 09.11.2021.

Thielen, S.; Ebner, M.; Mirand, T.; Nebelsick, J.; Roth-Nebelsick, A. (2019): From Dry to Wet: How Moss surface structures interact with water. In: *Society for Experimental Biology (Hg.): Science Across Boundaries Abstracts. Animal, Plant and Cell Biology*. Seville.

UBA (2008): Moos-Monitoring Bundesrepublik Deutschland. Online verfügbar unter <http://gis.uba.de/website/web/moos/index.html>, zuletzt aktualisiert am 30.04.2008, zuletzt geprüft am 03.08.2019.

UBA (2016): Bioindikatoren von Luftverunreinigungen. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/bioindikatoren-von-luftverunreinigungen#text-part-1>, zuletzt geprüft am 03.08.2019.

Umweltbundesamt (2020): Indikator: Heiße Tage. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umweltindikatoren/indikator-heisse-tage#die-wichtigsten-fakten>.

UP Umweltanalytische Produkte GmbH (o.D.): Plant Stress Kit. Online verfügbar unter [https://www.upgmbh.com/fileadmin/produkte/pdf/12940\\_plant-stress-kit-2015\\_up.pdf](https://www.upgmbh.com/fileadmin/produkte/pdf/12940_plant-stress-kit-2015_up.pdf), zuletzt geprüft am 21.03.2022.

Weischet, W.; Endlicher, W. (2008): *Einführung in die allgemeine Klimatologie*. Mit 13 Tabellen. 7., vollst. neu bearb. Aufl. Berlin, Stuttgart: Borntraeger (Studienbücher der Geographie).

Wetter.net: Tagesgang. Wetterlexikon. Online verfügbar unter <https://www.wetter.net/wetterlexikon/eintrag/tagesgang>, zuletzt geprüft am 07.10.2022.

Wissmann, I.; Middendorf, V.; Schulz, M.; Vesper, S. (2019): VertiKKA - Multifunktionale Fassadenbegrünungsmodule für die Städte der Zukunft. In: *Korrespondenz Abwasser Abfall* 2019 (12), S. 989–994. Online verfügbar unter DOI: 10.3242/kae2019.12.001.

# Anhang

## Anhang 1-1

### Messergebnisse (Großtechnik) Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit (Bachelorarbeit Eike Lüker am ISAH)

An der Tiefenriede Westfassade								
Abstand	0,2 m		1,0 m		2,0 m		2,8 m	
Datum	Mittelw. Temperatur r [°C]	Mittelw. RH [%]	Mittelw. Temperatur r [°C]	Mittelw. RH [%]	Mittelw. Temperatur r [°C]	Mittelw. RH [%]	Mittelw. Temperatur r [°C]	Mittelw. RH [%]
28.05.2021	18.20	50.80	20.05	47.80	21.20	45.15	22.95	41.75
29.05.2021	11.98	70.08	13.13	64.92	12.15	66.13	12.55	61.47
30.05.2021	27.18	30.43	29.87	27.50	23.95	35.82	24.35	34.97
01.06.2021	24.37	36.85	24.63	37.55	24.08	38.33	24.10	37.98
04.06.2021	27.03	50.93	27.32	50.30	27.95	47.80	28.12	47.28
07.06.2021	20.55	66.17	21.47	63.02	20.93	64.83	21.57	62.02
13.06.2021	22.50	39.05	22.43	39.57	22.02	40.60	22.08	40.52
18.06.2021	33.68	37.68	33.57	38.07	34.10	37.25	34.13	37.35
18.06.2021	33.00	41.80	33.42	41.12	33.30	41.20	33.47	41.40
23.07.2021	22.57	52.40	22.67	52.10	22.67	52.10	22.90	51.45
23.07.2021	21.98	54.95	22.87	53.48	22.50	54.23	22.97	52.87

An der Tiefenriede Westfassade						
Abstand	1,0 m - 0,2 m	2,0m - 0,2 m	2,8 m - 0,2 m	0,2 m - 1,0 m	0,2 m - 2,0 m	0,2 m - 2,8 m
Datum	$\Delta$ -Temperatur [°C]	$\Delta$ -Temperatur [°C]	$\Delta$ -Temperatur [°C]	$\Delta$ -rel. Luftfeuchtigkeit [%]	$\Delta$ -rel. Luftfeuchtigkeit [%]	$\Delta$ -rel. Luftfeuchtigkeit [%]
28.05.2021	1.85	3.00	4.75	3.00	5.65	9.05
29.05.2021	1.15	0.17	0.57	5.17	3.95	8.62
30.05.2021	2.68	-3.23	-2.83	2.93	-5.38	-4.53
01.06.2021	0.27	-0.28	-0.27	-0.70	-1.48	-1.13
04.06.2021	0.28	0.92	1.08	0.63	3.13	3.65
07.06.2021	0.92	0.38	1.02	3.15	1.33	4.15
13.06.2021	-0.07	-0.48	-0.42	-0.52	-1.55	-1.47
18.06.2021	-0.12	0.42	0.45	-0.38	0.43	0.33
18.06.2021	0.42	0.30	0.47	0.68	0.60	0.40
23.07.2021	0.10	0.10	0.33	0.30	0.30	0.95
23.07.2021	0.88	0.52	0.98	1.47	0.72	2.08

Borkumer Str. Nordfassade								
Abstand	0,2 m		1,0 m		2,0 m		2,8 m	
Datum	Mittelw. Temperatur r [°C]	Mittelw. RH [%]	Mittelw. Temperatur r [°C]	Mittelw. RH [%]	Mittelw. Temperatur r [°C]	Mittelw. RH [%]	Mittelw. Temperatur r [°C]	Mittelw. RH [%]
28.05.2021	17.20	55.05	17.70	53.15	16.55	56.25	16.95	55.15
29.05.2021	12.95	64.85	14.32	59.68	13.13	62.52	14.05	58.88
30.05.2021	21.45	40.53	21.80	39.40	21.00	41.42	21.13	40.88
01.06.2021	24.48	37.95	24.90	36.83	24.48	37.35	25.00	37.05
03.06.2021	19.30	79.58	19.90	75.17	18.48	81.25	18.98	78.25
04.06.2021	27.30	50.33	27.70	49.25	27.30	50.50	27.57	50.15
07.06.2021	19.00	71.33	19.48	68.92	18.78	72.08	19.53	69.25
13.06.2021	21.20	42.95	21.32	42.72	20.97	43.40	20.98	43.28
18.06.2021	32.03	49.40	32.43	48.88	31.48	50.68	31.88	50.77
18.06.2021	30.80	54.82	31.32	53.17	31.13	52.62	31.38	52.18

Borkumer Str. Nordfassade						
Abstand	1,0 m - 0,2 m	2,0m - 0,2 m	2,8 m - 0,2 m	0,2 m - 1,0 m	0,2 m- 2,0 m	0,2 m - 2,8 m
Datum	$\Delta$ - Temperatur [°C]	$\Delta$ - Temperatur [°C]	$\Delta$ - Temperatur [°C]	$\Delta$ -rel. Luftfeuchtigkeit [%]	$\Delta$ -rel. Luftfeuchtigkeit [%]	$\Delta$ -rel. Luftfeuchtigkeit [%]
28.05.2021	0.50	-0.65	-0.25	1.90	-1.20	-0.10
29.05.2021	1.37	0.18	1.10	5.17	2.33	5.97
30.05.2021	0.35	-0.45	-0.32	1.13	-0.88	-0.35
01.06.2021	0.42	0.00	0.52	1.12	0.60	0.90
03.06.2021	0.60	-0.82	-0.32	4.42	-1.67	1.33
04.06.2021	0.40	0.00	0.27	1.08	-0.17	0.18
07.06.2021	0.48	-0.22	0.53	2.42	-0.75	2.08
13.06.2021	0.12	-0.23	-0.22	0.23	-0.45	-0.33
18.06.2021	0.40	-0.55	-0.15	0.52	-1.28	-1.37
18.06.2021	0.52	0.33	0.58	1.65	2.20	2.63

Bunnenbergstraße Nordfassade								
Abstand	0,2 m		1,0 m		2,0 m		2,8 m	
Datum	Mittelw. Temperatur r [°C]	Mittelw. RH [%]						
29.05.2021	15.32	59.75	16.30	54.85	14.48	58.98	15.20	56.18
30.05.2021	21.92	39.87	25.02	34.42	22.22	37.75	22.38	37.33
01.06.2021	24.78	36.45	25.20	35.60	24.35	37.05	25.15	35.90
03.06.2021	19.00	83.33	19.23	81.17	0.00	0.00	0.00	0.00
04.06.2021	27.97	47.57	27.58	47.55	27.32	48.52	27.60	48.20
07.06.2021	19.17	71.75	20.00	68.75	19.40	70.42	20.18	67.58
13.06.2021	21.90	41.15	22.32	40.02	21.12	43.02	21.35	42.57
18.06.2021	30.93	54.30	31.05	54.23	30.85	53.65	30.80	53.50
18.06.2021	30.17	56.45	30.40	56.65	30.03	57.02	30.40	56.03

Bunnenbergstraße Nordfassade						
Abstand	1,0 m - 0,2 m	2,0m - 0,2 m	2,8 m - 0,2 m	0,2 m - 1,0 m	0,2 m- 2,0 m	0,2 m - 2,8 m
Datum	$\Delta$ 1- Temperatur [°C]	$\Delta$ 1- Temperatur [°C]	$\Delta$ 1- Temperatur [°C]	$\Delta$ 1-rel. Luftfeuchtigkeit [%]	$\Delta$ 1-rel. Luftfeuchtigkeit [%]	$\Delta$ 1-rel. Luftfeuchtigkeit [%]
29.05.2021	0.98	-0.83	-0.12	4.90	0.77	3.57
30.05.2021	3.10	0.30	0.47	5.45	2.12	2.53
01.06.2021	0.42	-0.43	0.37	0.85	-0.60	0.55
03.06.2021	0.23	-	-	2.17	-	-
04.06.2021	-0.38	-0.65	-0.37	0.02	-0.95	-0.63
07.06.2021	0.83	0.23	1.02	3.00	1.33	4.17
13.06.2021	0.42	-0.78	-0.55	1.13	-1.87	-1.42
18.06.2021	0.12	-0.08	-0.13	0.07	0.65	0.80
18.06.2021	0.23	-0.13	0.23	-0.20	-0.57	0.42

**Anhang 1-2**

**Auswertung Umfrage zu Fassadenbegrünung in Hannover**

Teil A: Charakterisierung der Fassade

**Wie groß ist die begrünte Fassade insgesamt? (Fläche der Begrünung): Höhe [m]**

Anzahl Antworten	Mittelwert	Bandbreite
4	5	3,5-5

**Wie groß ist die begrünte Fassade insgesamt? (Fläche der Begrünung): Breite [m]**

Anzahl Antworten	Mittelwert	Bandbreite
4	15,25	3-35

**Wie groß ist die begrünte Fassade insgesamt? (Fläche der Begrünung): Breite [m]**

Anzahl Antworten	Mittelwert	Bandbreite
4	15,25	3-35

**Wie groß ist die begrünte Fassade insgesamt? (Fläche der Begrünung): Fläche [m<sup>2</sup>]**

Anzahl Antworten	Mittelwert	Bandbreite
4	104	10,5-250

**Ist die Fassade mit einem Gebäude verbunden?**

7 Personen haben diese Frage mit Ja beantwortet.

**Wie viel Prozent der Fassade / vertikalen Fläche sind ca. von der Begrünung bedeckt? Angabe in [%]**

Anzahl Antworten	Mittelwert	Bandbreite
6	33,33	5-100

**Ergänzende Angaben:**

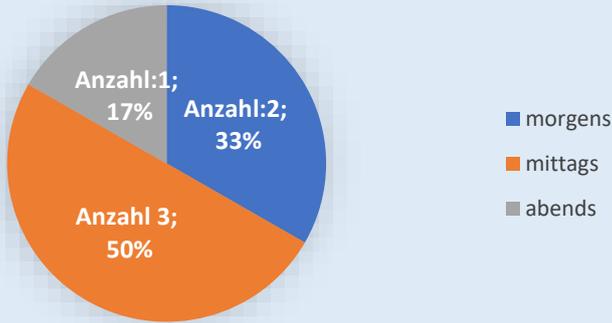
Teil eines größeren Gebäudekomplexes, begrünt wurden die Teile, die direkt mit unserer begrünten Dachfläche (Terrasse) verbunden sind.

Die Wohnanlage besteht aus mehreren Baukörpern und unterschiedlichen Formen der Fassadenbegrünung

**Wenn Ja, wurde die begrünte Fassade nachträglich an das Haus installiert oder wurde diese bereits in der Planungsphase berücksichtigt?**

Anzahl Antworten	Nachträglich	Planungsphase
4	4	0

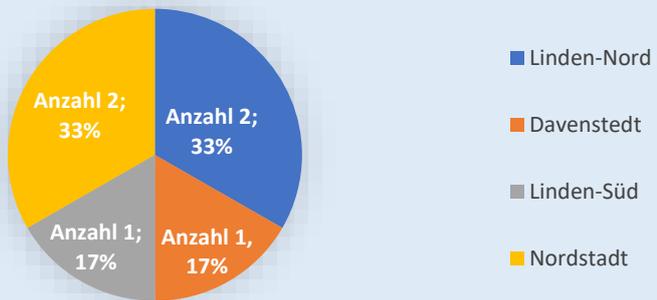
### Zu welcher Tageszeit liegt die Fassade in der Sonne?

<b>Anzahl Antworten</b>	
6	
<b>Ergänzende Angaben:</b>	Sommers von 7-12 Uhr
	Den ganzen Tag, morgens die Vorderfront, nachmittags die hintere Hausfront
	Es sind 2 Fassaden, w, o
	Es gibt Begrünung an Ost-, Süd-, und Westfassaden (keine begrünte Nordseite)
	Nachmittags - abends

### In welchem Jahr wurde die begrünte Fassade angepflanzt bzw. errichtet??

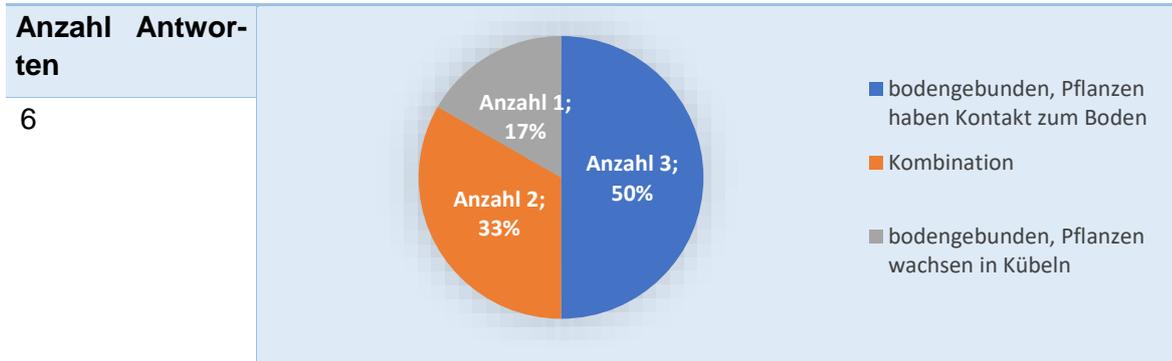
Anzahl Antworten	Mittelwert	Bandbreite
6	2005	1987-2016

### In welchem Stadtteil befindet sich die Fassade?

<b>Anzahl Antworten</b>	
6	
<b>Ergänzende Angaben:</b>	Pestalozzistr.6
	Viktoriastraße 5a
	Martha-Wissmann-Platz 3
	Edwin-Oppler-Weg 9, 30167 Hannover
	Nelkenstrasse 23, Hinterhof

**Teil B: Bauweise der Fassade**

**In welcher Bauweise ist die Fassadenbegrünung ausgeführt?**



**Wenn eine bodengebundene Begrünung vorliegt, wie ist diese ausgeführt?**

Anzahl Antworten	Bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe	Direktbewuchs mit Selbstklimmern
3	2	1

**Wenn eine bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe vorliegt: Wie ist die Kletterhilfe ausgeführt?**

Anzahl Antworten	starre Kletterhilfe: Rankgitter aus Metall oder Kunststoff	starre Kletterhilfe: Holzspalier
2	1	1

**Wenn eine bodengebundene Begrünung vorliegt, welche Wuchsform hat diese?**

Anzahl Antworten	flächig	linear
2	2	0

**Wenn eine bodengebundene Begrünung mit Kübeln vorliegt, wie groß sind die Kübel? Durchmesser oben [m]**

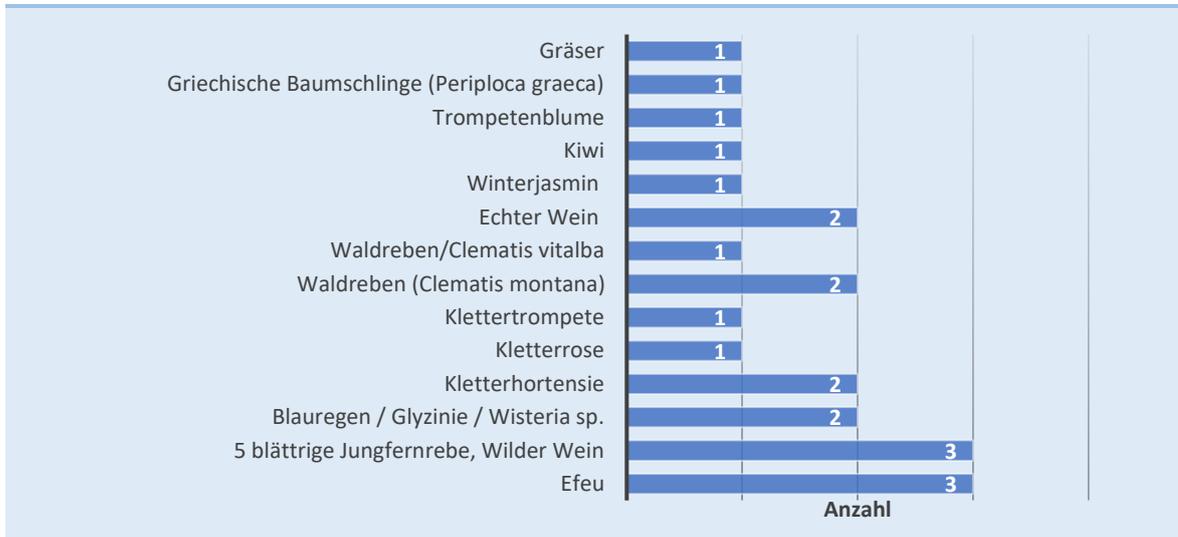
Anzahl Antworten	40
1	

**Kurze Beschreibung der Bauweise:**

Anzahl Antworten	2
	Vor dem Haus angepflanzter Wein auf der Vorderseite, Wein und Efeu auf der Rückseite
	Selbst gebautes Spalier mit Wein, Clematis etc. in Kübeln. Rundum an der Brüstung außerdem Scherenspalier für z. B. Efeu etc. direkt im Bodensubstrat wachsend.

### Teil C: Bepflanzung

#### Welche Pflanzen bilden die begrünte Fassade, bzw. mit welchen Pflanzen ist die begrünte Fassade bepflanzt?



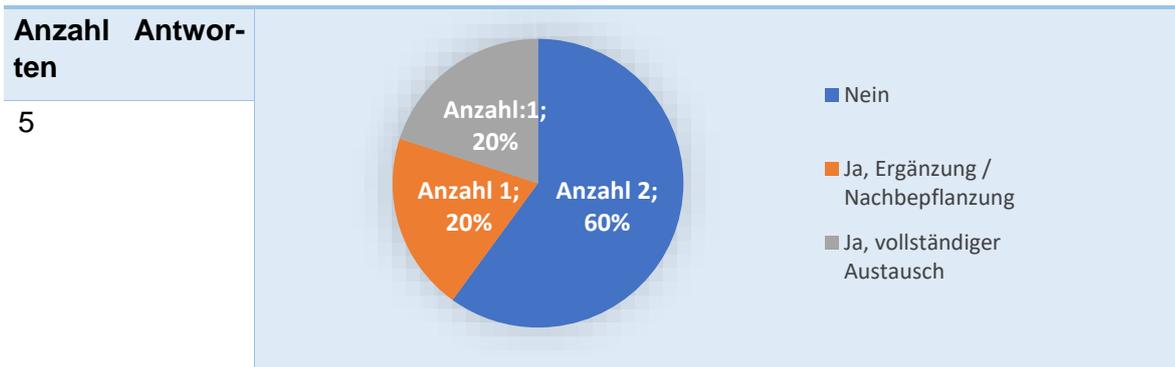
#### Aus welchen Gründen haben Sie sich für diese Pflanzen entschieden?

Winterjasmin	Verschönerung der Fassade, Natur in die Stadt
5 blättrige Jungfernebe, Wilder Wein, Efeu	Wachsen schnell
Echter Wein, Waldreben (einheimisch), Waldreben /Clematis montana, Kletterhortensie, 5 blättrige Jungfernebe, Wilder Wein, Efeu	Finden wir schön.
Efeu, 5 blättrige Jungfernebe, Wilder Wein, Blauregen / Glyzinie / Wisteria sp., Waldreben/Clematis montana, Kiwi, Trompetenblume, Griechische Baumschlinge (Periploca graeca)	Unterschiedlich je nach Pflanze, zuletzt für Periploca graeca auch wg. Klimawandel

#### Die Fassadenbegrünung...

Anzahl Antworten	...ist immergrün	...folgt der Vegetationsperiode
3	1	2
Kommentar:	<p>Vom April-Dezember grün</p> <p>vom Dezember bis April gelbe Blüten (immergrün)</p> <p>Der Efeu auf der Rückwand ist immergrün, der Wein vorne nicht</p> <p>Unterschiedlich</p>	

**Wurden die Pflanzen seit der Erstbepflanzung schon einmal ausgetauscht?**



**Wenn Ja, aus welchem Grund und wie häufig?**

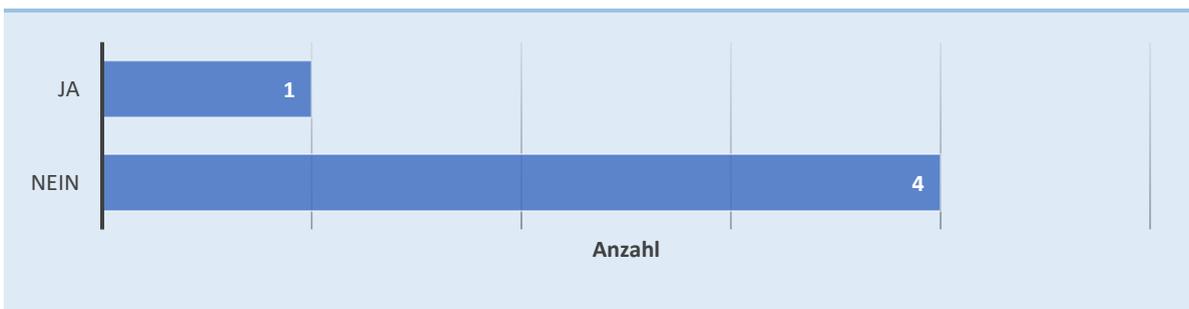
<b>Anzahl Antworten</b>	
2	Gelegentlich - aber noch nicht oft - ist etwas eingegangen. Eine Echter Wein wurde durch Periploca graeca ersetzt, auch wegen Mehltaubefall, Trauben konnten nicht verwertet werden.

Teil D: Kosten der Fassade

**Wie hoch waren die Investitionskosten der Fassade? (Gesamtkosten [€])**

Anzahl Antworten	Mittelwert	Bandbreite
4 Zahlen, 1 Kommentar	140	20-200
<b>Kommentar:</b>	Drei Pflanzen, gering, Preise nicht mehr bekannt	

**Haben Sie eine Förderung für die Fassade erhalten?**



**Wenn Ja, durch wen erfolgte die Förderung?**

Anzahl Antworten	BUND (Begrüntes Hannover)	KfW
1	1	0

**Durch wen wurde die begrünte Fassade errichtet?**

Anzahl Antworten	Errichtung in Eigenarbeit	Errichtung durch Fachfirma
5	5	0
<b>Kommentar:</b>	Die Straße wurde damals neu gemacht, die Pflanzlöcher im Bürgerteil blieben auf Wunsch offen.	

### Teil E: Betrieb der Fassade

#### Wie viel Zeit investieren Sie pro Jahr in etwa in Ihre begrünte Fassade? [h/a]

Anzahl Antworten	Mittelwert	Bandbreite
5	14,8	2-40

#### Wie häufig pro Jahr warten Sie Ihre begrünte Fassade (ohne Bewässerung)?

Anzahl spez. Antworten	Mittelwert	Bandbreite
4	6,5	1-20

Kommentar: Efeu, einmal Grundschnitt, sonst öfter Nachschnitt an Fenstern  
2x und je nach Bedarf

#### Welche Tätigkeiten sind dabei typischerweise durchzuführen? (Bitte hinter der jeweiligen Tätigkeit angeben, wie oft diese pro Jahr durchgeführt wird)

Antwortmöglichkeit	Anzahl	Mittelwert	Häufigkeit	Bandbreite	Häufigkeit
Rückschneiden der Fassadenbegrünung	5	5,4		1-22	
Lenken der Fassadenbegrünung	3	4,3		1-6	
Anbinden von Jungtrieben	2	6		6	
Zugabe von Düngemittel/Nährstoffen	1	1		1	
Entfernung von Fremdvegetation	1	10		10	
Entfernung und Ersetzung von ausgefallener Vegetation	1	0,5		0,5	
Ergänzung oder Austausch von Substrat	1	0,3		0,3	
Sonstige: Ernte	1	6		6	

#### Sind seit Errichtung der begrünten Fassade Betriebsprobleme aufgetreten?

Anzahl Antworten	Ja	nein
4	1	3

#### Wenn Ja, welche Probleme sind aufgetreten?

Auswahlmöglichkeit: Zuwachsen von Photovoltaikerelementen und Fenstern

#### Wenn möglich, Abschätzung der Betriebskosten pro Jahr [€]:

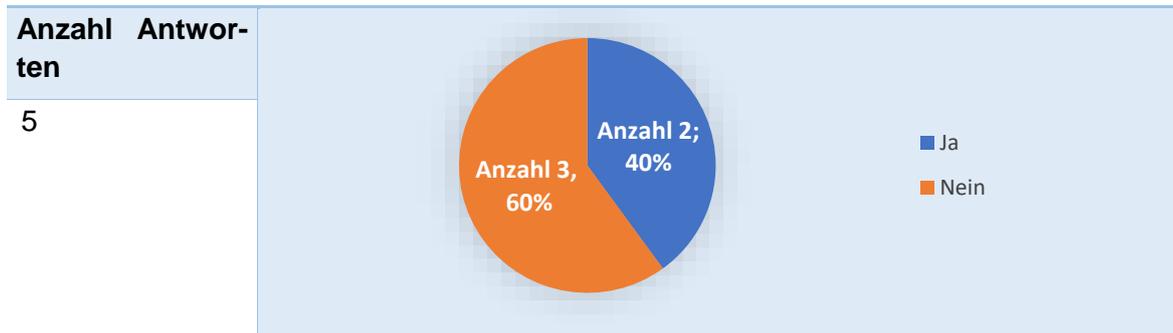
keine

20

bisher Eigenleitung ohne Berechnung

**Teil F: Wassernutzung**

**Wird die begrünte Fassade bewässert?**



**Wie häufig haben Sie die Fassade im letzten Jahr (2019) bewässert?**

Anzahl Antworten	
2	10 Mal Meist 2x täglich, ca. von April bis Oktober

**Welche Art von Wasser wird für die Bewässerung verwendet?**

Anzahl Antworten	Leitungswasser	gespeichertes Regenwasser
2	1	1

**Wird eine automatische Bewässerung oder individuelle Bewässerung (z.B. sprengen, gießen usw.) durchgeführt?**

Anzahl Antworten	individuelle Bewässerung	automatische Bewässerung
2	1	1

**Wenn eine automatische Bewässerung erfolgt, wie hoch ist der Energieverbrauch pro Jahr?**

Anzahl Antworten	
1	Nicht der Rede wert. Eine kleine Blockbatterie hält mindesten 1 Saison.

**Wenn eine automatische Bewässerung erfolgt, anhand welcher Kriterien wird die Bewässerung gesteuert?**

Anzahl Antworten	
1 (sonstige)	Zeitschaltuhr, wird bei Trockenheit aktiviert

## Teil G: Motivation und Umweltwirkungen

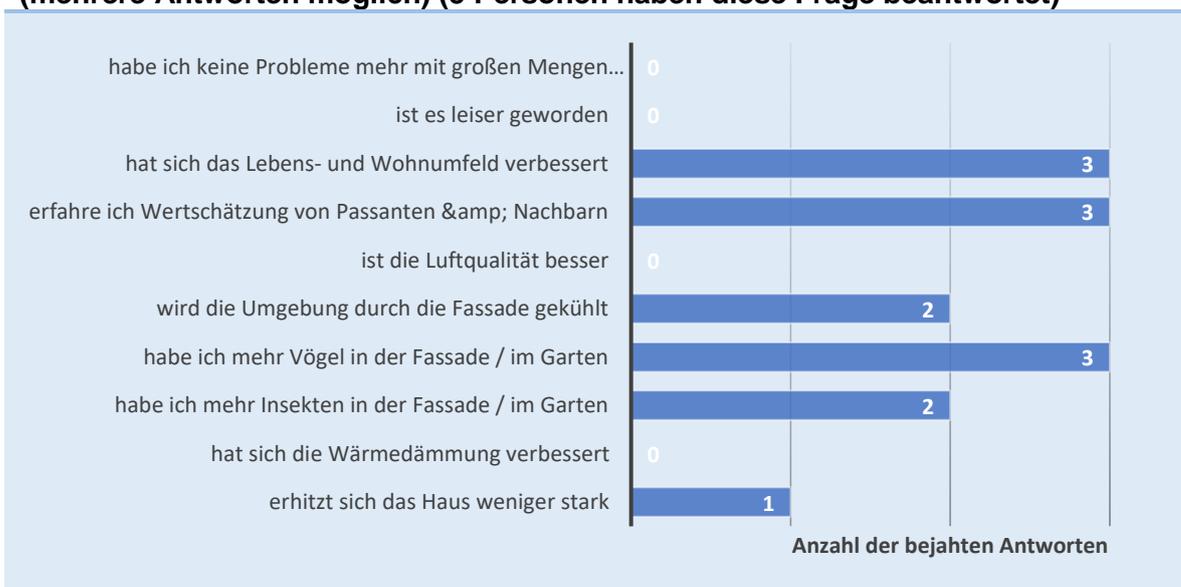
### Welche Gründe haben Sie dazu bewegt Ihre Fassade zu begrünen? (Mehrere Antworten sind möglich) (5 Personen haben diese Frage beantwortet)



### Haben/Hätten Sie sich für eine begrünte Fassade entschieden, wenn Sie dafür keine Fördergelder erhalten?

Anzahl Antworten	Ja	nein
5	5	0
Kommentar:	Wurde ohne Fördergelder realisiert	

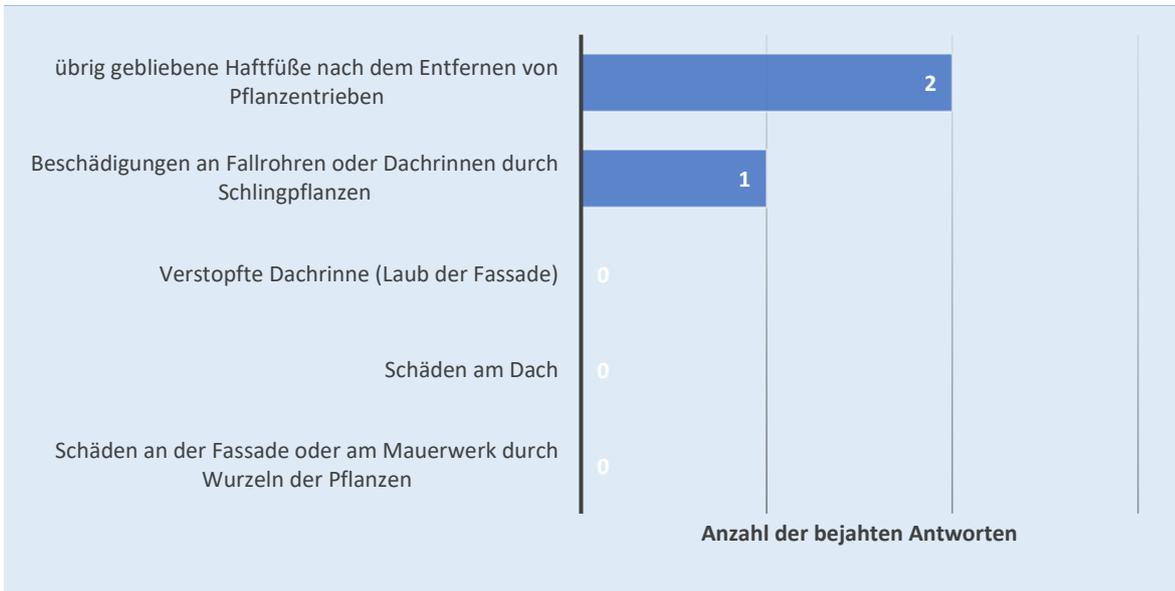
### Positive Wirkungen der Fassade: Seitdem die Fassade begrünt ist... (mehrere Antworten möglich) (5 Personen haben diese Frage beantwortet)



#### Sonstige:

Kein Graffiti  
Erfreut mich

**Sind seit Einrichtung der begrünten Fassade irgendwelche Probleme oder Schäden aufgetreten, die sich auf die begrünte Fassade zurückführen lassen? (mehrere Antworten möglich) (5 Personen haben diese Frage beantwortet)**



**Haben sich aufgrund der begrünten Fassade die Betriebskosten des Hauses gesenkt? (z.B. Einsparung von Heizkosten...)**

Anzahl Antworten	Ja	Nein	keine Angabe möglich
5	0	3	2

**Würden Sie sich wieder für eine begrünte Fassade entscheiden?**

Anzahl Antworten	Ja	nein
5	5	0

**Wenn Ja, welche Gründe sind die wichtigsten für Sie?**

Wichtigster Grund	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wohnumfeld</li> <li>Kein Graffiti</li> <li>Macht Spaß</li> <li>Klima</li> <li>Kühlung im Sommer</li> </ul>
zweitwichtigster Grund:	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grünes Hannover</li> <li>Grün in der Stadt, gut für Vögel und Insekten</li> <li>Macht Freude</li> <li>Insekten und Vögel</li> <li>Lebensraum für Tiere</li> </ul>

**Unter welchen Randbedingungen würden Sie begrünte Fassadenweiser empfehlen?**

Zuschuss zur Pflege, Wertschätzung durch Stadtverwaltung, Beratungshilfe, Fördergeld

Efeu würde ich nicht empfehlen, wächst zu stark, bietet nicht nur Lebensraum für Vögel, sondern auch für Mäuse.

So gut wie immer.

Kletterpflanzen können unter Kontrolle gehalten werden. Bereitschaft in Pflege zu investieren.

Teil H: Anmerkungen und zusätzliche Informationen

**Hier finden Sie Platz für Anmerkungen zum Fragebogen und Ergänzungen Ihrerseits, die nicht im Fragebogen abgedeckt wurden.**

Fassaden können viele Fenster enthalten oder sind vielfältig strukturiert, sodass Fragen danach die Ergebnisse bei einer Auswertung besser zu beurteilen sind.

Die Angaben betreffen die Wohnanlage, in der ich selbst wohne. Als Hausverwalter mache ich unterschiedliche Erfahrungen mit der Zufriedenheit der Bewohner hinsichtlich Fassadenbegrünung.